



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE
AEROGENERADOR

Miguel Palacios Osácar

Jesús del Carmen Elcuaz

Pamplona, 23 de febrero de 2012



ÍNDICE

INTRODUCCIÓN:

LA ENERGÍA EN EL TIEMPO

LA ENERGÍA EN EL TIEMPO.....	2
------------------------------	---

CAPÍTULO I:

OBJETO DEL PROYECTO

1.1. ANTECEDENTES.....	10
1.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS.....	12
1.3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA.....	15
1.4. OBJETO DEL PROYECTO.....	18

CAPÍTULO II:

MEMORIA

2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS.....	20
2.2. PROCESO PRODUCTIVO.....	23
2.2.1. EL PROCESO.....	23
2.2.1.1. FASE DE MOLDEO	23
2.2.1.2. FASE DE MECANIZADO.....	28
2.2.1.3. FASE DE ACABADO.....	28
2.2.2. DIAGRAMA DE OPERACIONES.....	31
2.2.3. TIEMPOS DE PROCESO	34
2.2.3.1. FASE DE MOLDEO	35
2.2.3.2. FASE DE MECANIZADO.....	39
2.2.3.3. FASE DE ACABADO.....	43



2.3. EQUIPOS PRODUCTIVOS	45
2.3.1. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONADO DE EQUIPOS	45
2.3.1.1. MOLDE DE CONCHAS	45
2.3.1.2. MOLDES DE VIGAS I Y II.....	47
2.3.1.3. APLICADOR DE GEL-COAT	48
2.3.1.4. APLICADOR ADHESIVO EPOXI	50
2.3.1.5. INYECTOR DE RESINA EPOXI.....	52
2.3.1.6. MÁQUINA TALADRADO-REFRENTADO.....	55
2.3.2. SATURACIÓN DE MÁQUINAS	57
2.3.3. PÓRTICOS GRÚA	58
2.4. MANO DE OBRA	59
2.5. PLANTA DE FABRICACIÓN.....	61
2.5.1. DIMENSIONADO DE ESPACIOS	61
2.5.1.1. AREA DE FABRICACIÓN	61
2.5.1.2. ALMACENES DE MATERIAS PRIMAS	66
2.5.1.2.1. ALMACÉN DE MATERIALES INCOMBUSTIBLES	66
2.5.1.2.2. ALMACEN DE MATERIALES INFLAMABLES	69
2.5.1.3. OFICINAS	74
2.5.1.4. VESTUARIOS Y ASEOS	75
2.5.2. LAY-OUT.....	76
2.5.3. NAVE INDUSTRIAL	78
2.5.3.1. ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS	78
2.5.3.2. SUELO.....	80
2.5.3.3. CIMENTACIÓN	83
2.6. DIMENSIONADO DE INSTALACIONES	84
2.6.1. SANEAMIENTO.....	84
2.6.2. ILUMINACIÓN	85
2.6.2.1. ALUMBRADO DE LA ZONA DE FABRICACIÓN.....	85
2.6.2.2. ALUMBRADO EXTERIOR.....	87
2.6.2.3. ALUMBRADO DE ALMACENES Y MODULOS PREFABRICADOS	88
2.6.3. CLIMATIZACIÓN.....	90
2.6.4. INSTALACIÓN NEUMÁTICA.....	93
2.6.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	94



2.6.6. AGUA	96
2.6.7. GASOIL	97
2.7. PLANIFICACIÓN DE MONTAJE Y TRANSPORTE.....	98
2.7.1. PLANIFICACIÓN DE MONTAJE	98
2.7.2. TRANSPORTE DE LA PLANTA	101

CAPÍTULO III:

SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

3.1. OBJETO.....	111
3.2. INFORMACIÓN PREVIA	111
3.3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	111
3.3.1. ESTRUCTURA	111
3.3.2. REVESTIMIENTOS	111
3.3.3. AISLAMIENTOS	112
3.3.4. CARPINTERÍA	112
3.3.5. SOLADOS Y REVESTIMIENTOS	112
3.4. CERTIFICADO DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....	113
3.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	113
3.4.2. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	118
3.4.3. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS	124
3.5. CUMPLIMIENTO ITC MIE APQ-1 EN ALMACENAMIENTOS CONTIGUOS	130
3.6. CUMPLIMIENTO ITC MI IP03 EN ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA CONSUMO EN LA PROPIA INSTALACIÓN	134
3.7. UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD.....	135



CAPÍTULO IV:

PRESUPUESTO

4.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	138
4.2. PRESUPUESTO DESGLOSADO.....	139

CAPÍTULO V:

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD

5.1. INTRODUCCIÓN	160
5.2. COSTES DE FABRICACIÓN EN PLANTA FIJA	161
5.2.1. COSTE DE MANO DE OBRA	161
5.2.2. COSTE DE TRANSPORTE DE PALAS AL DESTINO.....	161
5.2.3. COSTE DE LA ENERGÍA.....	162
5.2.4. COSTE TOTAL.....	163
5.3. COSTES DE FABRICACIÓN EN PLANTA MOVIL	165
5.3.1. COSTE DE MANO DE OBRA DE FABRICACIÓN.....	166
5.3.2. COSTE DE LA ENERGÍA.....	166
5.3.3. COSTE DE MONTAJE, DESMONTAJE Y HOMOLOGACIÓN	166
5.3.4. COSTE TRANSPORTE DE LA NAVE	167
5.3.5. COSTE DE REPOSICIÓN DE LA NAVE	168
5.3.6. COSTE DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA.....	168
5.3.7. COSTE POR AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN	168
5.3.8. VIAJES DE LA MANO DE OBRA	169
5.3.9. COSTE TOTAL.....	170
5.4. COMPARATIVA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN.....	174
5.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	177
5.5.1. AUMENTO DE INVERSIÓN UN 10%	177
5.5.2. AUMENTO DEL TIEMPO DE PROCESO UN 25%.....	178
5.5.3. DISMINUCIÓN DEL PRECIO DE TRANSPORTE DE PALAS 10%	180
5.5.4. DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARQUE A 30 MÁQUINAS	181
5.5.5. CONCLUSIONES	183
5.6. CASO PRÁCTICO	184

Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador



CAPÍTULO VI:

PLIEGO DE CONDICIONES

6.1. INTRODUCCION Y GENERALIDADES	186
6.1.1. DEFINICIÓN Y ÁMBITO DE APLICACIÓN.....	186
6.1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS.....	186
6.1.3. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS.....	186
6.1.4. REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA	187
6.1.5. FUNCIONES DE LA DIRECCIÓN.....	188
6.2. CONDICIONES DE LOS MATERIALES	189
6.2.1. CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES	189
6.2.2. OBRA CIVIL.....	190
6.2.3. OBRA HIDRAULICA.....	194
6.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS.....	196
6.3.1. CONDICIONES GENERALES	196
6.3.2. OBRA CIVIL.....	200
6.3.3. OBRA HIDRÁULICA.....	213
6.3.4. OBRAS DE DISTRIBUCION DE AGUAS.....	215
6.4. PRUEBAS Y ENSAYOS	219
6.4.1. GENERALIDADES	219
6.4.2. ENSAYOS DE RECEPCIÓN DE MATERIALES	220
6.5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA	220
6.5.1. CONDICIONES GENERALES	220
6.5.2. OBRA CIVIL.....	222
6.5.3. OBRA HIDRAULICA.....	224
6.5.4. SERVICIOS AFECTADOS	224
6.6. DISPOSICIONES GENERALES	225
6.6.1. DISPOSICIONES APLICABLES	225
6.6.2. FACILIDADES PARA LA INSPECCION.....	240
6.6.3. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO	240
6.6.4. SUBCONTRATO DE LAS OBRAS.....	240
6.6.5. PLANOS COMPLEMENTARIOS DE DETALLE	240
6.6.6. ARCHIVO ACTUALIZADO DE OBRA REALIZADA.....	241
6.6.7. AUTOCONTROL.....	241



6.6.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD	241
6.6.9. MEDICIONES Y VALORACION.....	241
6.6.10. RELACIONES VALORADAS	241
6.6.11. PLAN DE OBRAS	241
6.6.12. DISPOSICION FINAL	241

CAPÍTULO VII:

ANEXOS

7.1. ANEXO I: LA ENERGÍA EÓLICA.....	243
7.1.1. ENERGÍA EÓLICA	243
7.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA	246
7.1.2.1. VENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA.....	246
7.1.2.2. DESVENTAJAS DE LA ENERGIA EOLICA	247
7.1.3. EVOLUCION Y PREVISIONES	248
7.1.4. LOS AEROGENERADORES Y EL MEDIO AMBIENTE.....	253
7.2. ANEXO II: AEROGENERADORES	255
7.2.1. CONCEPTO DE AEROGENERADOR.....	255
7.2.2. CLASIFICACION DE AEROGENERADORES	255
7.2.3. AEROGENERADORES TRIPALA.....	258
7.2.4. TEORÍA DEL DISCO ACTUADOR	262
7.2.5. LA PALA DEL AEROGENERADOR.....	264
7.2.5.1. INTRODUCCIÓN	264
7.2.5.2. ESTRUCTURA DE UNA PALA	264
7.2.5.3. MATERIALES	267
7.2.5.4. MÉTODOS DE UNIÓN	269
7.3. ANEXO III: TÉCNICAS DE MOLDEO POR VÍA LÍQUIDA	271
7.3.1. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS	271
7.3.2. RTM	271
7.3.3. VARTM.	273
7.3.4. MOLDEO POR INFUSIÓN.	274
7.4. ANEXO IV: CLIMATIZACIÓN DE LA NAVE.....	275



CAPÍTULO VIII:

BIBLIOGRAFÍA

8.1. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN	282
8.2. OTRAS PUBLICACIONES	282
8.3. PÁGINAS WEB CONSULTADAS	282
8.4. NORMATIVA CONSULTADA	285



INTRODUCCIÓN:

LA ENERGÍA EN EL TIEMPO



LA ENERGÍA EN EL TIEMPO

Al hablar de la evolución de las especies, lo habitual es referirse a lo que diferencia al hombre de los animales. Mientras que éstos se han adaptado al ambiente, el hombre logró actuar sobre él.

No obstante, no se acostumbra a observar que todos los seres vivos están caracterizados por un denominador común, que es su balance energético. Éste proviene del alimento que sostiene la química de la vida, se disipa en pérdidas de calor y, en el caso del hombre, le permite aprovechar un 20% de la energía captada bajo la forma de energía mecánica, hecho éste también extensivo a otros animales.

Si el balance energético es negativo, el individuo, o bien la especie o la civilización, comienza a apelar a sus reservas y, si ello continúa, el individuo, la especie o la civilización perecen.

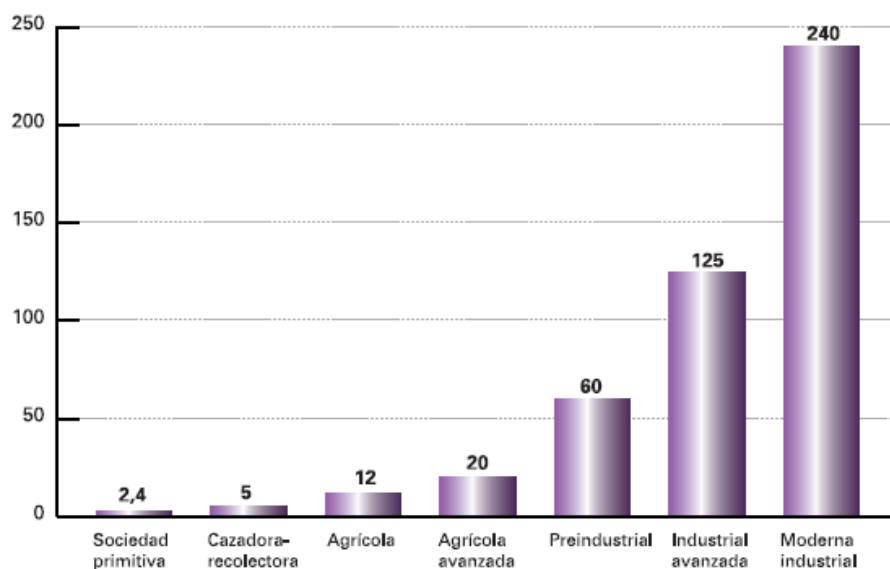
La historia de la humanidad consiste en la historia de la búsqueda de fuentes de energía y de sus formas de aprovechamiento en el inacabado propósito de servirse del ambiente. Evolución es, por tanto, aprovechamiento creciente de energía y valor constante de ésta, independiente de la época, dado por la alimentación (sólo variable por desigualdad socioeconómica), como se verá seguidamente.

Resulta entonces natural que en su devenir la humanidad haya ido generando distintos modelos energéticos.

Así pues tenemos distintos modelos energéticos:

- Preagrícola
- Agrícola
- Agrícola avanzado
- Preindustrial
- Industrial
- Industrial avanzado

Estos modelos tienen un denominador común: están condicionados por sus fuentes de energía y su aprovechamiento, y al pasar de un modelo a otro se registra un incremento del consumo de energía per cápita y de su consumo global.



Consumo de energía y evolución (miles Kcal/persona/día)

MODELO ENERGÉTICO PREAGRÍCOLA

Se ubica entre el Pleistoceno y Paleolítico Superior. En los albores de la historia, el hombre caza y recolecta sus alimentos y procura leña para su cocción. Aún no se modifica el ambiente. Se vive en tribus y apenas hay herramientas y las que hay son de piedra muy rudimentarias.

Aparecen las primeras formas de energía. El uso de una piedra para golpear otra como si fuera un martillo o el acto de arrojar una piedra o una lanza para cazar un animal implican la utilización de la energía cinemática. La posibilidad de encender y mantener el fuego, obteniendo calefacción y permitiendo la cocción de los alimentos, marcan los inicios de la metalurgia.

La barrera de este modelo es el incremento del aprovechamiento energético per cápita.





MODELO ENERGÉTICO AGRÍCOLA

Corresponde a lo que se conoce como Revolución del Neolítico, una de las dos únicas revoluciones que conoció la humanidad, que tiene lugar hace unos 10.000 años en el Asia Central. Es el primer eslabón del control del ambiente por parte del hombre, que deja su rol de cazador-recolector para pasar a ser pastor-agricultor y consecuentemente aparecen los primeros asentamientos.



Como fuentes de energía se tienen la tracción a sangre (humana y animal) y la energía cinética del aire que se utiliza en la navegación. Mediante las velas, los barcos convertían la energía cinética del aire en energía cinética de la nave.

MODELO ENERGÉTICO AGRÍCOLA AVANZADO

El invento del arado de hierro y la herradura permiten aumentar la productividad del agro, y los del hacha y la reja de hierro hacen posible el talado de bosques; así comienza la era del uso intensivo de la madera.

También aparecen herramientas, como martillos, tenazas, sierras, engranajes, palancas, tornillos, cañas y poleas, que multiplican la fuerza humana y continúa el aprovechamiento de la energía eólica en la navegación a vela.





La madera es el distintivo de la época: máquinas, barcos, carros, herramientas, casas; todo es de madera. El hierro, en mínima proporción, completa este panorama.

La producción agrícola, que se extiende desde los valles hasta las planicies áridas y semiáridas, provoca obras de ingeniería hidráulica para riego que obligan al uso masivo de tracción a sangre.

Se trata de sociedades hidráulicas con control centralizado de la energía, donde surgen nuevas clases sociales (militar, profesional, burócratas) poco dispuestas al cambio. Ello explica el límite de crecimiento y constituye la barrera para el progreso.

MODELO ENERGÉTICO PREINDUSTRIAL

El escenario se traslada a la Europa feudal. Se tienen comunidades campesinas dispersas abastecidas por un agro dependiente de lluvias y regidas por un señor feudal con mano de obra antes servil que esclava y que no controlaba las aguas. Por ello, no podía controlar la producción inutilizando todo intento de centralización colectiva.

Esta Europa medieval no se caracterizó por generar innovaciones sino por su habilidad para adaptar inventos de otros, como el timón, la brújula, la pólvora, el papel, el estribo, los molinos o la imprenta. Se generalizan los molinos hidráulicos para moler grano, elevar agua, proporcionar energía para hacer pasta de papel a partir de trapos, hilar seda, mover herrerías, pulir metales, etc.,

En China, desde el siglo I, ya se utilizaban los molinos hidráulicos para soplar aire en hornos de hierro.

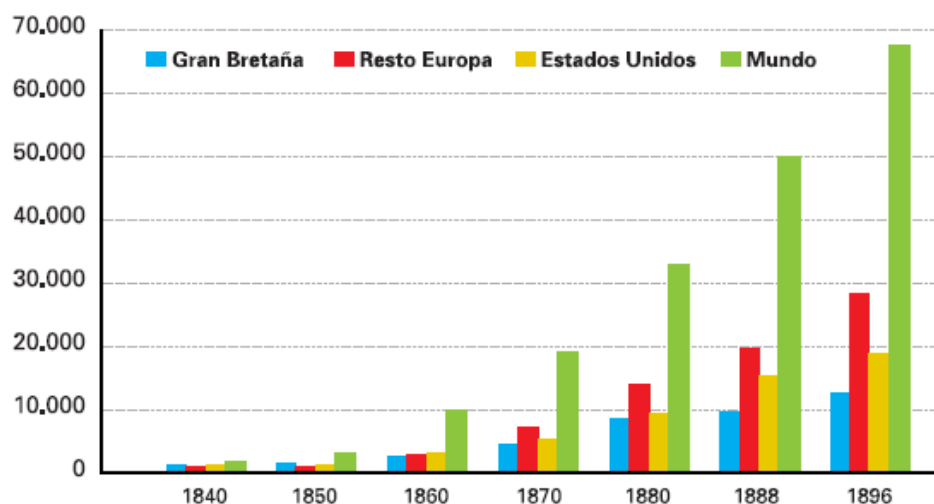
Con respecto a lo energético era un mundo de madera, agua, viento y tracción a sangre. Este modelo alcanzó sus límites de crecimiento fundamentalmente debido a la escasez de madera, fruto de su consumo indiscriminado. Por primera vez, la humanidad asistía a un cuello de botella en la provisión de sus fuentes primarias de energía.

TIPO DE ENERGÍA	ORIGEN	USO
MUSCULAR	Alimentación humana o animal	Transporte, arado de la tierra, molienda de cereales, extracción de agua.
CALÓRICA	Leña, carbón vegetal, estiércol, residuos de cosechas	Cocción de alimentos, fundición de metales
HIDRÁULICA	Fuerza del agua	Molinos, trabajos con metales.
EÓLICA	Fuerza del viento	Navegación, molienda de cereales, extracción de agua para riego.
GEOTÉRMICA	Calor interno de la Tierra	Baños termales.

Fuentes de energía de la sociedad pre-industrial

MODELO ENERGÉTICO INDUSTRIAL

Este modelo se inaugura con la Revolución Industrial. Son múltiples sus causas, pero hay una fundamental y decisiva: el cambio en el aprovechamiento de una fuente de energía primaria, el carbón mineral. Esto implicó la sustitución de dos fuentes de energía gratuitas y de uso libre, el agua y el viento, por otra de carácter comercial.



Crecimiento de la capacidad instalada de las maquinas de vapor (miles CV)

Además de su uso como combustible, el carbón permitió la creciente producción de hierro, que pasó de unos miles de toneladas anuales a millones.

Se desarrollan grandes industrias para las que la producción del campo es irrelevante: manufacturas metalúrgicas, máquinas, herramientas, alfarerías, ladrillos, vidrio, cerámica, química inorgánica pesada, astilleros, vehículos, bienes de consumo durables.

Pero como en todo proceso de cambio, hay mezcla de culturas y técnicas. La forma de extraer el carbón seguía siendo preindustrial y las máquinas que se construían rodeando a la de vapor mantenían la estructura de las de tracción a sangre.

Después del carbón se comienza a utilizar el gas de hulla, empleado en alumbrado y en motores, y posteriormente el petróleo. Resulta interesante observar que el uso inicial de estos portadores energéticos (petróleo, gas de hulla, electricidad,...) fue la iluminación. Más tarde llegó el usufructo mecánico.

MODELO ENERGÉTICO INDUSTRIAL AVANZADO

Este modelo es hijo del petróleo, que da forma y estructura el mundo donde vivimos.

Comparado con el carbón, el petróleo tiene mayor densidad energética, es más fácil de transportar, deja menos residuos en su combustión y, desde que se perfeccionaron los métodos de perforación, es más fácil de extraer del subsuelo. Estas características y el desarrollo y la difusión del uso de motores de combustión interna hicieron que el consumo de este combustible se impusiera a partir de la Segunda Guerra Mundial, originando lo que se ha denominado la *Era del Petróleo*.

En este modelo también surgen nuevas formas de energía como la nuclear. En 1942 se puso en funcionamiento el primer reactor nuclear en EE.UU. A partir de este hecho, se

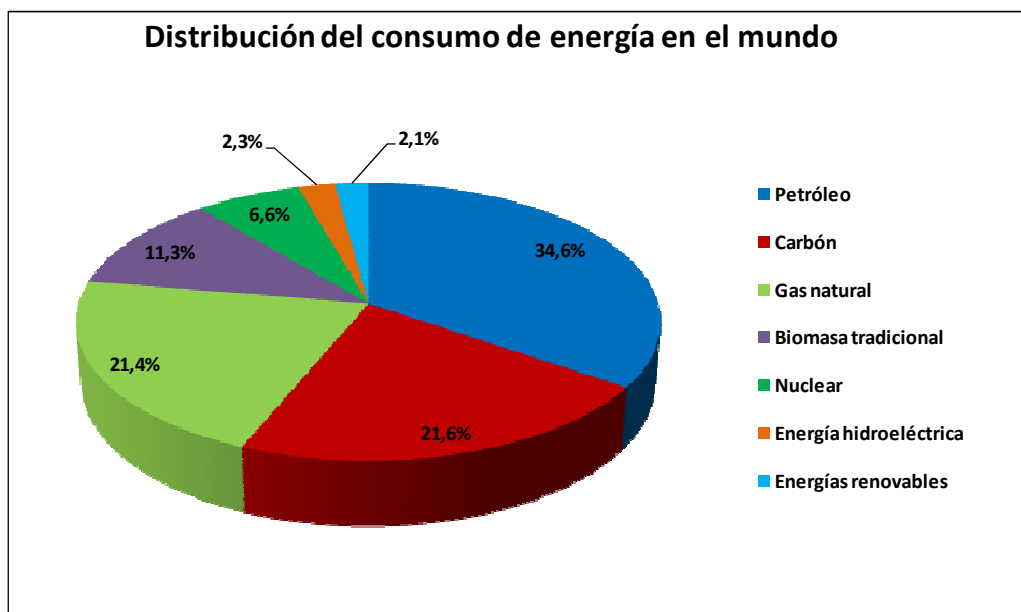


abrieron dos vías para la utilización de la energía nuclear: una bélica y otra de aplicaciones a la producción de energía eléctrica.

SISTEMA ENERGÉTICO ACTUAL

A nivel mundial el conjunto de estas tres fuentes de energía: petróleo, carbón y gas natural, representa el 78% del consumo total. Aproximadamente un tercio de la energía primaria se destina a la producción de electricidad. El 40% de la electricidad proviene del carbón, mientras que el petróleo y la energía nuclear sólo cubren entre un 12% y 15% cada una.

En el siguiente gráfico se muestra la distribución de consumo de fuentes de energía en el mundo.



La cuarta parte de la población mundial consume las tres cuartas partes del total de energía primaria en el mundo. Estas desigualdades son más significativas cuando se considera el consumo de electricidad. Los países pobres (caracterizados por un hábitat muy disperso) exhiben grandes carencias de electrificación rural.

LAS ENERGÍAS RENOVABLES COMO ALTERNATIVA

En el momento actual, cuando la disponibilidad de recursos fósiles está jugando un papel cada vez más determinante a nivel mundial y cuando los problemas medio ambientales aparecen entre las preocupaciones principales de la sociedad, las energías renovables surgen de nuevo con éxito creciente en el marco energético de los países como alternativas viables reivindicando su condición de alternativa válida.

Las perspectivas de la situación energética actual no son muy optimistas. No debemos olvidar que todos los países, más o menos desarrollados, realizan continuos esfuerzos en un intento de mejorar su situación socioeconómica. De aquí se desprende que si la economía mundial progresa en expansión al ritmo de cumplir con las aspiraciones de los



distintos países, la demanda de energía está condenada a crecer en consecuencia, incluso si esfuerzos adecuados son llevados a cabo para mejorar la eficiencia de utilización de la energía y, en definitiva reducir el consumo.

En la actualidad, las energías renovables se perfilan en una posición adecuada, al lado de las energías fósiles, para hacer frente a la demanda creciente y sin perjuicio desde el punto de vista económico. Además, las energías renovables pueden poco a poco jugar un papel de sustitución de las energías fósiles, dado que no sólo el agotamiento de recursos sino también problemas medio ambientales actúan en contra de los recursos fósiles y en favor de las renovables.

En el siguiente cuadro se enumeran las fuentes de energía que se utilizan en la sociedad actual. En el anexo I se hace una breve introducción a la energía eólica.

FUENTES RENOVABLES	FUENTES AGOTABLES O NO RENOVABLES
RADIACIÓN SOLAR	Energía atómica o nuclear
GEOTÉRMICA	Combustibles fósiles (carbón, petróleo, gas natural)
EÓLICA	
HIDRÁULICA	
BIOMASA	

Fuentes de energía de la sociedad industrial.

Los beneficios de las energías renovables no pueden ser evaluados únicamente en base a principios económicos, sino también en base a otro tipo de consideraciones tales como las medio ambientales. Así por ejemplo, una comparación entre sistemas convencionales y las energías renovables puede ser llevada a cabo tomando como parámetro las diferentes emisiones que atentan contra el medio ambiente, tales como los gases causantes del calentamiento global, los cuales son el CO₂, el SO₂, y el NO₂.

El papel de las fuentes energéticas renovables debe ser acentuado; con el fin de aumentar la parte de la energía producida a partir de estas fuentes al lado de la producción resultante de sistemas convencionales.



CAPÍTULO 1:

OBJETO DEL PROYECTO



1.1. ANTECEDENTES

Fruto de acuerdos comerciales entre las empresas de energías eólicas y los países, estados, regiones etc., las plantas de fabricación de palas se situaron próximas a los primeros parques eólicos que se crearon.

Estos territorios están cada vez mas saturados de parques eólicos, por lo que en un futuro próximo, no se promoverán nuevos parques en ellos. Por tanto, el destino de las palas, fabricadas en las plantas actuales es cada vez más lejano (actualmente se transportan palas entre distintos países). Debido a las grandes distancias existentes entre las plantas de producción de palas y los lugares donde se promueven actualmente los parques, los costes logísticos, de calidad, etc. son cada vez mayores.

Por otro lado, estas plantas de fabricación, están al límite de su producción por lo que a medio plazo se deberán construir nuevas plantas de fabricación para cubrir la demanda futura. Esta demanda no solo está representada por las palas necesarias para la construcción de nuevos parques, sino que también deberán hacer frente a las necesidades debidas a la sustitución de los modelos antiguos por los más modernos (repowering).



Parece que la alternativa más fácil es construir nuevas plantas de fabricación de palas próximas a los nuevos parques, frecuentemente en el extranjero, tal y como se viene haciendo actualmente. Esto conlleva riesgos de establecimiento y explotación, además del problema a medio plazo enunciado anteriormente.

Además, la tendencia actual es fabricar palas de cada vez mayor longitud, para obtener más energía con un único aerogenerador. Si en la actualidad ya es muy complicado el transporte de las palas, con este aumento de tamaños de las mismas este problema se hace cada vez mayor.



La utilización de palas con pre-bending (curvatura de la pala cuando ésta se encuentra en reposo, consiguiendo que en condiciones óptimas de funcionamiento se deforme hasta estar completamente recta, condición ideal de diseño del aerogenerador) dificulta extraordinariamente el transporte de las mismas desde las plantas de fabricación a los parques eólicos.



Debido a estos problemas se producen desperfectos durante el transporte que deben ser subsanados en el propio parque eólico, donde las condiciones no son las más adecuadas para hacerlo. En ocasiones los desperfectos pueden llegar a ser tan críticos que la pala no pueda llegar a repararse y tenga que ser devuelta a la planta de fabricación.

El gran tamaño de las palas hace que para su transporte sean necesarios gran cantidad de permisos de la administración, lo que encarece el producto sin aportar ningún valor añadido a la pala.

Por estos motivos hoy en día se está invirtiendo gran cantidad de tiempo y dinero en investigación y desarrollo de nuevos diseños de palas y métodos de transporte que a la larga reduzcan los costes asociados a su manipulación.



1.2. ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

Para tratar de poner solución al problema del transporte descrito anteriormente se plantean las siguientes alternativas a la actual filosofía de fabricación de las palas de los aerogeneradores:

A. Pala seccionada: consiste en fabricar la pala en dos o más tramos para facilitar el transporte. Los tramos se unirían antes del montaje del rotor del aerogenerador en el parque.

B. Plantas de fabricación en suelo portuario: ubicar las plantas en zonas muy cercanas a los muelles de carga de los barcos para ahorrar el coste del transporte terrestre en origen.

C. Planta de fabricación móvil: fabricar las palas en una planta móvil, que pueda ser montada cerca del parque eólico para ahorrar los costes del transporte.

D. Subcontratación de la fabricación: encargar la fabricación de la pala a empresas del sector que dispongan de una planta cerca del parque eólico.

A continuación se muestra un cuadro en el que se muestran los pros y contras de cada una de las alternativas planteadas.



ANÁLISIS DE ALTERNATIVAS

ALTERNATIVA	PROS	CONTRAS
PALA SECCIONADA	<ul style="list-style-type: none">_ Facilidad de transporte	<ul style="list-style-type: none">_ Se altera la estructura de la pala_ Pérdida de robustez del diseño de pala_ Mayor nº de elementos a transportar_ Necesidad de montaje en destino_ Garantizar calidad de unión
LOCALIZACIÓN ZONA PORTUARIA	<ul style="list-style-type: none">_ Ahorro transporte terrestre en origen_ Concepto de fabricación actual	<ul style="list-style-type: none">_ Persistencia de la problemática actual_ Alto coste de terrenos portuarios
PLANTA FLEXIBLE	<ul style="list-style-type: none">_ Ahorro 100% costes transporte_ Ahorro inversión en utillajes_ Ahorro 100% costes almacenamiento_ Disminuciones de NOK por desperfectos en transporte_ Suministro JIT	<ul style="list-style-type: none">_ Transporte de la planta_ Montaje/Desmontaje planta_ Puesta en marcha planta_ Limpieza tras desmontaje planta_ Envío personal cualificado_ Formación de personal local
SUBCONTRATACIÓN FABRICACIÓN	<ul style="list-style-type: none">_ Ahorro transporte terrestre en origen_ Ahorro transporte marítimo	<ul style="list-style-type: none">_ Aumento de costes transporte terrestre en destino_ Disponibilidad de fabricantes en destino_ Compartir tecnología_ Puesta en marcha fabricación



De las cuatro alternativas planteadas para reducir los costes de transporte es la de fabricar las palas en plantas móviles la que mejor responde a la necesidad planteada. Parece que de esta forma se reducen completamente estos costes, así como se mejora la calidad del producto en destino y se obtienen otras ventajas añadidas. El problema es que surgen una serie de desventajas asociadas a este modelo de fabricación.

El resto de soluciones planteadas no son capaces de ofrecer una solución completa a la problemática actual y plantean una serie de desventajas importantes que hacen que sean desechadas.

La fabricación de palas seccionadas es una solución que conlleva un importante coste de desarrollo de producto. Además se altera la estructura tradicional de la pala añadiendo uniones a lo largo de ésta que ponen en duda su robustez y correcto funcionamiento. Se trata de modificar la forma óptima del producto para buscar una solución al problema del transporte.

La localización de las plantas en suelo portuario resuelve una mínima parte del problema, el coste por transporte terrestre en origen. Además, el precio del suelo en estas zonas es altísimo.



La subcontratación de la fabricación de las palas conlleva compartir el diseño propio de la pala con otros fabricantes, perdiendo así cualquier posible ventaja competitiva por diseño de producto. Además no siempre podemos localizar factorías de otras compañías en zonas cercanas al punto de destino de las palas. Otro problema añadido es que la compañía a la que compras las palas debe hacer una puesta en marcha de la línea de montaje de nuestro modelo de pala que puede durar hasta dos años de tiempo.

Parece, por tanto, que la mejor solución puede ser cambiar la forma de producción centralizada que se viene utilizando actualmente por una producción en plantas móviles.



1.3. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La solución propuesta consiste en el diseño de una planta móvil de producción de palas de aerogenerador. Por móvil se entiende que sea posible ser desmontada y transportada de un lugar a otro. Con esta alternativa a los métodos de fabricación tradicionales, lo que se busca es ubicar la planta productiva de las palas en las proximidades del parque eólico que se esté construyendo.

El objetivo fundamental que se persigue con esta filosofía de producción es hacer desaparecer en su práctica totalidad la fase de transporte del producto terminado. El cumplimiento de este objetivo lleva asociadas una serie de consecuencias ventajosas:

- Reducción total de los costes económicos asociados directamente con transporte de las palas terminadas desde la planta de producción hasta el parque eólico en construcción. Según se ha expuesto anteriormente, las distancias que hay que recorrer actualmente son cada vez mayores, realizando viajes intercontinentales transportando las palas en buques de carga.
- Reducción de inventario en palas terminadas. Actualmente, conforme se van terminando las palas hay que almacenarlas en zonas contiguas a la nave a la espera de que vengan a ser recogidas. Con el sistema propuesto se pretende una fabricación que se ajuste a la demanda de producto a tiempo real (just in time); cuando se termine una pala se trasladará inmediatamente hasta el aerogenerador que la necesite.



- Reducción de los costes de calidad. Durante el transporte de las palas es frecuente que se golpeen y se dañen, teniendo que repararlas antes de ser montadas o, incluso, devueltas al fabricante por no poder ser reparadas en el mismo parque.
- Disminución del tiempo de respuesta de la planta de producción ante fallos en la fabricación de las palas o del propio diseño. Al no transcurrir mucho tiempo entre el momento en el que se fabrica la pala y en el que ésta se encuentra en funcionamiento se pueden detectar fallos y corregir la producción, reduciendo así el número de palas defectuosas.



- Simplificación de la planificación de la producción. Al trabajar una planta de fabricación para un único parque eólico, en un momento determinado de tiempo, se simplifica de una manera muy significativa la planificación; tanto de la producción como de la logística en general.
- Desaparición de las inversiones en contenedores retornables. Se reduce de forma radical la inversión en diseño y construcción de contenedores específicos para el producto. Además, desaparecen las pérdidas debidas al retorno de contenedores vacíos. Al tratarse de contenedores específicos para palas de aerogenerador, éstos vuelven vacíos y sin aprovecharse desde el lugar de destino al de origen.



- Optimización de los recursos de construcción en parque. Al disminuir los retrasos se reducen los tiempos de espera de maquinaria y operarios mientras que las palas son transportadas desde el lugar de origen.
- Se evita la inversión en la adecuación necesaria de viales y pistas para el transporte de las palas de los aerogeneradores.

A continuación se muestra una tabla resumen con los objetivos expuestos anteriormente:

OBJETIVOS	
–	Reducción de costes de transporte
–	Reducción de inventario de palas terminadas
–	Reducción de costes de calidad
–	Reducción de tiempo de respuesta en planta
–	Simplificación de la planificación
–	Reducción de inversión en contenedores retornables
–	Optimización de recursos en parque
–	Reducción de costes de adecuación de viales



Si se alcanzan estos objetivos (reducción de costes de transporte y de calidad), se consigue, en definitiva, disminuir el coste total del aerogenerador. Así, la compañía que opte por producir de esta manera, logrará una ventaja competitiva en el mercado de la energía eólica.

La planta de producción estaría albergada dentro de una carpa o nave desmontable, perfectamente climatizada y con toda la maquinaria necesaria para la producción de palas. Anexo a la carpa estarían las instalaciones (generación de energía eléctrica, aire comprimido, vacío, climatización,...), almacenes de materias primas, vestuarios y aseos para los operarios y oficinas y despachos necesarios. Todas estas salas anexas serán de tipo modular, para facilitar el transporte, montaje y desmontaje de las mismas.



Una vez finalizada la construcción del parque eólico la planta de producción de palas sería desmontada, introducida en contenedores y trasladada al próximo emplazamiento para reiniciar el proceso y construir otro parque eólico. Puesto que el montaje de la planta requerirá realizar obra civil en el emplazamiento elegido, la empresa dejaría el lugar como se lo encontró tras la finalización del periodo de producción en dicho lugar.

A priori se estima que la cadencia de producción de palas podría ser de una al día, con lo que las palas necesarias para un parque de 20 molinos podría estar fabricado en 2 meses. Durante este tiempo los trabajadores se desplazarían al lugar donde está la planta de producción, hospedándose en la población más cercana o en bungalós.

Para que los costes y tiempos de traslado y montaje/desmontaje de la planta de fabricación sean bajos, ésta debe ser lo más simple posible. Esto se consigue desarrollando un proceso de fabricación sencillo, que utilice el menor espacio y medios materiales posibles. Habrá una repercusión inevitable en aspectos del diseño de la pala; será necesario simplificar el producto sin que ello repercuta en su calidad y funcionalidad.



1.4. OBJETO DEL PROYECTO

Una vez valoradas las diferentes alternativas para resolver la problemática actual del transporte de las palas de aerogenerador se ha decidido que la solución que mejor lo resolvería es la de contar con plantas móviles para la fabricación de las palas.

El objeto del presente proyecto es analizar la rentabilidad de la solución propuesta. Para ello se ha de definir la estructura del producto más adecuada a la nueva filosofía de fabricación y posteriormente el proceso productivo. Una vez definido esto se podrá diseñar la planta móvil de fabricación y, a partir de aquí, podremos analizar los costes añadidos que supone el transportar la planta de un lugar a otro respecto a un centro de fabricación fijo.

De los objetivos que se persiguen con la implantación de plantas móviles de fabricación, descritos en el apartado anterior, aquellos que nos permitirán realizar el análisis de rentabilidad son los siguientes:

- Reducción de los costes de transporte:
 - Transporte terrestre en origen, 100%.
 - Transporte marítimo, 100%.
 - Transporte terrestre en destino, 100%.
 - Movimientos y almacenamiento en puerto, 100%.
 - Tasas, aranceles, auditorías, 100%.



CAPÍTULO 2:

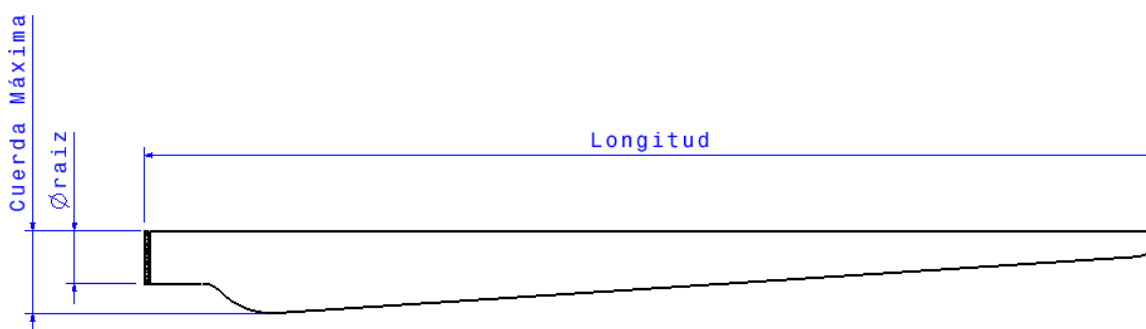
MEMORIA

2.1. CONSIDERACIONES PREVIAS

Para fabricar las palas de aerogeneradores mediante un proceso productivo que se adecúe al máximo a las características especiales que se desean otorgar a las instalaciones, es necesario determinar previamente cómo será este elemento del aerogenerador.

En primer lugar se deberán determinar las dimensiones generales de la pala. Actualmente se están fabricando palas de unos 60 m de longitud para montarse en los nuevos modelos de molinos capaces de generar potencias eléctricas de hasta 5 MW.

Una vez consultados diversos fabricantes se toman como modelo las dimensiones de la pala de la empresa LM Glasfiber. Esta pala tiene una longitud de 61,5 m, un diámetro de raíz de 3,2 m y una cuerda de perfil máxima de 5 m. El peso de la pala es de 18.841 kg.

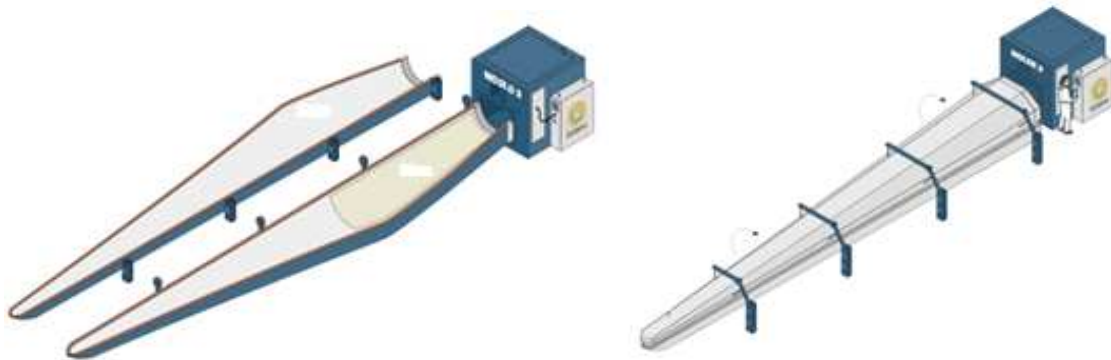


Para minimizar costes y tiempos de montaje y desmontaje de la planta ésta debe ser lo más simple posible y contener la menor cantidad de maquinaria. Pensando en esto se definen una serie de características que tendrá la pala:

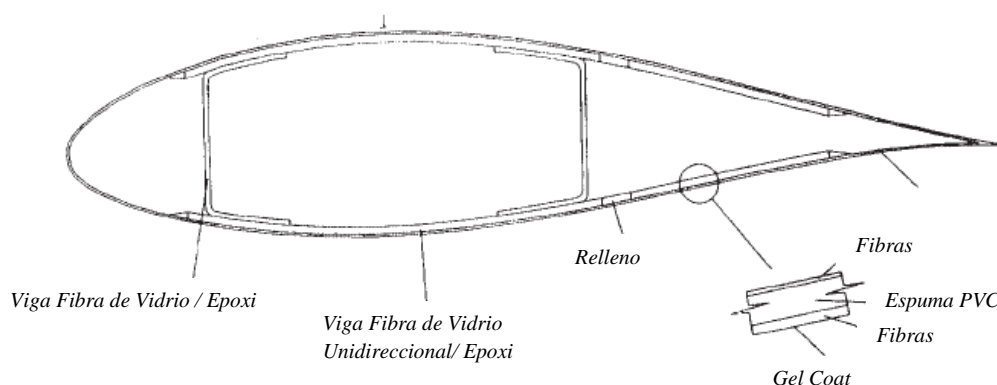
1. Por el tamaño de la pala se descartan los materiales compuestos tipo fibra de carbono/epoxi o aramida (keblar)/epoxi, al resultar antieconómicos. Todavía no están lo suficientemente desarrollados los materiales compuestos utilizando refuerzos de madera. Así pues, se fabricará la pala utilizando el material compuesto fibra de vidrio/epoxi; por ser la resina epoxi la que se viene utilizando generalmente en los procesos de infusión.
2. La pala será fabricada utilizando fibras y resinas y no materiales compuestos preimpregnados. El motivo fundamental es que las resinas necesitan unas condiciones especiales de temperatura e higiene para su manipulación y almacenamiento. De esta forma reducimos el volumen de materia prima que necesita estas condiciones, ya que tenemos resina y tejidos por separado y no en un solo producto.
3. La mezcla y curado de la fibra de vidrio y la resina epoxi se realizará mediante el proceso de moldeo por infusión (ver anexo III).



4. El curado de las resinas se realizará aumentando la temperatura del molde. Aunque el curado puede hacerse a temperatura ambiente si lo hacemos aportando calor obtendremos mejores propiedades mecánicas y reduciremos los tiempos de proceso.
5. El aporte de temperatura se realizará mediante un entramado de resistencias eléctricas adheridas al envés del molde de la pala. Otra alternativa muy utilizada es mediante aire caliente, pero este sistema complica el diseño del molde y añade equipos de calentamiento y ventilación del aire caliente.

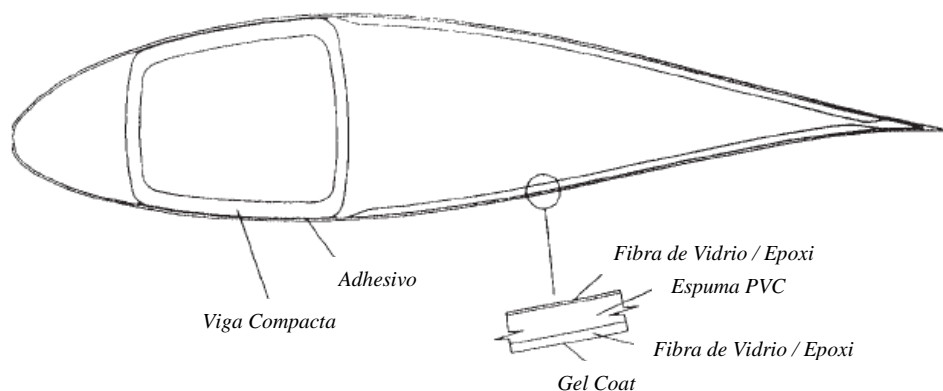


6. La apertura y el cierre del molde de fabricación de conchas se realizará utilizando los pórticos grúa. Aunque existe maquinaria específica para esta operación requiere de cimentaciones adicionales que aumentarían el coste de la obra civil y, además, es un material voluminoso que habría que transportar. Al estar proyectada una única línea de montaje de palas el tiempo de utilización de los pórticos grúa no es elevado, hecho que permite su disponibilidad para realizar esta operación.
7. A la hora de rigidizar la pala se utilizarán dos tableros longitudinales a modo de vigas y se reforzarán las propias conchas. En la siguiente figura se muestra el esquema de la sección de la pala, que ya se comentó en el anexo II.



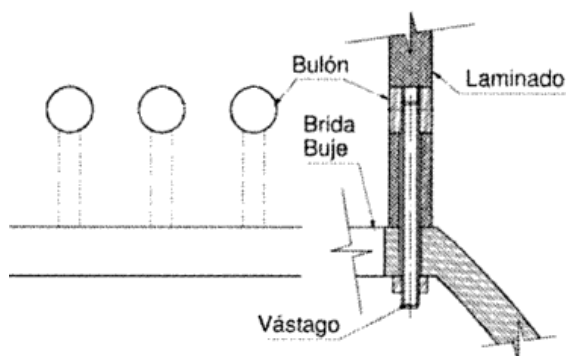
Frente a otras soluciones que se utilizan actualmente ésta es la mejor, debido a la simplicidad de producción de los tableros y a que el refuerzo de las conchas se hace

conforme se preparan las fibras en los moldes. La otra forma más extendida de rigidizar las palas es mediante una estructura en forma de tubo cuadrado que lleva integrada la raíz de la pala. En la siguiente figura se muestra un esquema de la sección transversal de este modelo de pala.



La principal desventaja de este método es que es necesario fabricar la estructura de refuerzo con un mandrino y una máquina encintadora. Esto obliga a disponer de maquinaria más compleja que la que se necesita para fabricar las vigas. Además, al llevar la raíz de la pala integrada en el perfil se complica el proceso de pegado de la pieza durante la fase de moldeo de la pala.

8. La unión entre la pala y el buje del molino será mediante el denominado sistema T-Bolt (ver anexo II). Mediante este sistema se simplifican los mecanizados que hay que realizar en la raíz de la pala, que aunque son más numerosos los tiempos de máquina son menores. Además, se simplifica la unión entre los pernos y la raíz, que es totalmente mecánica, sin necesidad de utilizar adhesivos.



Así pues, con estas consideraciones quedan definidas las características principales de la pala y, consecuentemente, las operaciones principales que constituyen el proceso de fabricación.



2.2. PROCESO PRODUCTIVO

2.2.1. EL PROCESO

Como se ha descrito anteriormente la pala del aerogenerador se fabricará mediante el proceso de moldeo por infusión. De esta manera se obtiene lo que se podría denominar “pala en bruto”. Sin embargo, para el correcto funcionamiento de los aerogeneradores es necesario realizar una serie de operaciones posteriores al moldeo. Será necesario realizar un refrentado y unos taladros en la raíz de la pala para asegurar una correcta unión al conjunto del aerogenerador, equilibrar la pala para evitar esfuerzos cíclicos en la torre debidos al giro del rotor, darle unos acabados superficiales buenos para dotar a la pala de una aerodinámica óptima.

Así pues, el proceso de fabricación de la pala se realiza en tres fases claramente diferenciadas: fase de moldeo, fase de mecanizado de raíz y fase de acabados.

2.2.1.1. FASE DE MOLDEO

Esta fase se puede dividir en tres subprocesos que se desarrollan paralelamente hasta que se unen para obtener lo que hemos denominado pala en bruto. Por un lado se trabaja en el molde principal para obtener la concha de la pala, que es lo que da la forma exterior de la misma. Paralelamente se trabaja en otros dos moldes para fabricar las dos vigas que se colocan en el interior de la pala para darle rigidez.





MOLDE PRINCIPAL:

Las operaciones que se hacen en el molde principal de la pala son las siguientes:

1. Limpieza del molde: se deben limpiar las dos mitades del molde de los restos del proceso de moldeo de la anterior pala. Con unos paños y aerosoles de limpieza los operarios se suben al molde y lo limpian.
2. Protección del molde: mediante un spray se aplica un líquido antiadherente para facilitar el proceso de desmoldeo.
3. Aplicación de pintura de poliuretano al molde: o gel-coat; aplicado con pistola de aire comprimido sobre la superficie del molde.
4. Curado de pintura de poliuretano: aunque la pintura o gel-coat se pueden curar a temperatura ambiente, se cierra el molde y se aplica calor durante un periodo de 20 minutos para reducir tiempo de proceso.
5. Colocación de tejido seco: una vez abierto el molde se procede a colocar en éste capas de fibras que se mezclarán posteriormente con la resina. La correcta colocación de estos tejidos es muy importante a la hora de conseguir las propiedades mecánicas deseadas de la pala. Para colocar estos tejidos nos ayudaremos de un útil que desbobina los carretes de tejido seco. La colocación de los tejidos se realiza de forma manual. El tejido sobrante se recortará.
6. Colocación de espumas estructurales: se colocan paneles tipo sándwich de espumas de PVC sobre la capa de tejido seco para dar rigidez a la concha sin aumentar excesivamente el peso.
7. Colocación de tejido seco: tras colocar las espumas estructurales se vuelven a depositar capas de tejido seco.





8. Colocación de bolsa de vacío: para poder realizar la mezcla del tejido seco con la resina por el proceso de infusión, es necesario colocar la bolsa sobre el molde. Será de vital importancia que ésta quede perfectamente sellada con el molde para que no haya fugas de resina ni entradas indeseadas de aire.
9. Inyectado de resina epoxi: mediante los equipos de vacío y de presión, y una vez colocados los tubos por los que circula la resina, se inyecta ésta entre el molde y la bolsa de vacío, mezclándose con los tejidos secos y compactándose todo el conjunto por vacío.



10. Pre-curado de resina epoxi: una vez se han mezclado perfectamente los tejidos secos y las resinas epoxi se procede a cerrar el molde y a elevar la temperatura del mismo durante 60 minutos. No se consigue el curado completo del material compuesto, sólo un endurecimiento que nos permite quitar la bolsa de vacío sin que se estropee el conjunto una vez abierto el molde.
11. Aplicación de adhesivo en la concha: una vez retirada la bolsa de vacío se procede a aplicar adhesivo en una mitad de la pala. Se aplica en todo el perímetro de la misma para que las dos mitades se unan definitivamente una vez se cierre por última vez el molde y en las zonas donde se colocarán las vigas que dan rigidez al conjunto. La aplicación se realiza mediante una pistola conectada a una máquina de mezcla e inyección de pegamento bicomponente. También se aplica en las zonas donde van a ir colocadas las vigas de refuerzo.
12. Colocación de las vigas: se colocan las vigas en su posición sobre la mitad de la concha en la que se ha aplicado el adhesivo.
13. Aplicación de adhesivo en las vigas: una vez colocadas las vigas, se aplica adhesivo en las caras que van a entrar en contacto con la otra mitad de la concha cuando se cierre el molde.



14. Curado de adhesivo y resina: se cierra el molde y se eleva la temperatura durante 120 minutos hasta que se curan tanto las resinas como los adhesivos aplicados.



15. Extracción de la pala: una vez terminado el proceso de curado se procede a la extracción de la pala del molde ayudándose del puente grúa.

Entre operaciones se realizan un gran número de controles e inspecciones para asegurar la máxima calidad en la pala.



MOLDE DE VIGAS:

Las operaciones que se hacen en cada uno de los moldes de las vigas son similares a las que se realizan en el molde principal de la pala y son las siguientes:

1. Limpieza del molde.
2. Protección del molde.
3. Aplicación de resina.
4. Precurado de resina.
5. Colocación de tejido seco.
6. Colocación de espumas estructurales.
7. Colocación de tejido seco.
8. Colocación de bolsa de vacío.
9. Inyectado de resina epoxi.
10. Pre-curado de resina epoxi.
11. Colocación de pararrayos: esta operación se hace únicamente en una de las dos vigas. Se trata de anclar un cable eléctrico en la viga más larga.

Entre operaciones se realizan un gran número de controles e inspecciones para asegurar la máxima calidad en las vigas.





2.2.1.2. FASE DE MECANIZADO

Las operaciones que se realizan en las fases de mecanizado son las que se enumeran a continuación:

1. Repelado de puntos de apoyo: se elimina la rebaba perimetral de las zonas en las que se apoyará la pala sobre el útil de fijación para el mecanizado. El repelado se realiza mediante una lijadora accionada por aire comprimido.
2. Mecanizado de agujeros radiales: se mecanizan 140 orificios en sentido radial de raíz para alojar el bulón en el que se atornilla el vástago que une la pala con el buje.
3. Mecanizado de agujeros axiales: se mecanizan 140 agujeros en la cara de apoyo de la pala con el buje para permitir introducir los vástagos de unión al buje.
4. Refrentado de cara de apoyo: se realiza un fresado de la cara de contacto entre la pala y el buje para garantizar una unión perfecta entre las dos partes del molino.

Entre operaciones se realizan un gran número de controles e inspecciones para asegurar la máxima calidad en la pala.



2.2.1.3. FASE DE ACABADO

Las operaciones que se realizan en la fase de acabado son las que se enumeran a continuación:

1. Repelado perimetral: se eliminan todas las rebabas perimetrales de la pala mediante una lijadora accionada por aire comprimido.
2. Acabado del borde de ataque: mediante una pulidora orbital accionada por aire comprimido se pule todo el borde de ataque de la pala para dejar la superficie lo más lisa posible.



3. Acabado del borde de salida: mediante una pulidora orbital accionada por aire comprimido se pule todo el borde de salida de la pala para dejar la superficie lo más lisa posible.
4. Acabado superficial: mediante una pulidora orbital accionada por aire comprimido se pule toda la superficie de la pala para dejarla lo más lisa posible.
5. Colocación del pararrayos: se colocan insertos metálicos en la superficie de la pala que llegan hasta el cable metálico que hay en una de las vigas de refuerzo.
6. Colocación del drenaje: en la punta de la pala se hace un orificio y se coloca un inserto de forma cilíndrica con un orificio que permite la salida del agua condensada en su interior.
7. Pesado: mediante un útil especial se pesa la pala. Además de conocer el peso exacto de la pala se obtiene información adicional que sirve para equilibrarla correctamente.
8. Equilibrado: se inyecta resina en unos depósitos creados durante el proceso de moldeo a través de un orificio que se hace en la superficie de la pala. No sólo se consigue equilibrar la pala, además se hace que el peso de la pala entre dentro de una estricta tolerancia.
9. Re-pesado: se vuelve a pesar la pala para comprobar que esté dentro de tolerancias de peso y bien equilibrada.
10. Etiquetado: se etiqueta la pala, especificando claramente número de fabricación, fecha y peso exacto de la misma.

Entre operaciones se realizan un gran número de controles e inspecciones para asegurar la máxima calidad en la pala.





Debido a la gran altura de la pala algunos operarios deberán realizar los trabajos de acabado subidos en plataformas elevadoras neumáticas.



Para evitar la acumulación de polvo en la nave, las herramientas de lijado y pulido llevan acopladas aspiradoras industriales como los que se muestran a continuación:





2.2.2. DIAGRAMA DE OPERACIONES

En las páginas siguientes se muestra el diagrama de operaciones del proceso de fabricación de palas descrito anteriormente.

A continuación se define la simbología utilizada en el diagrama de operaciones:






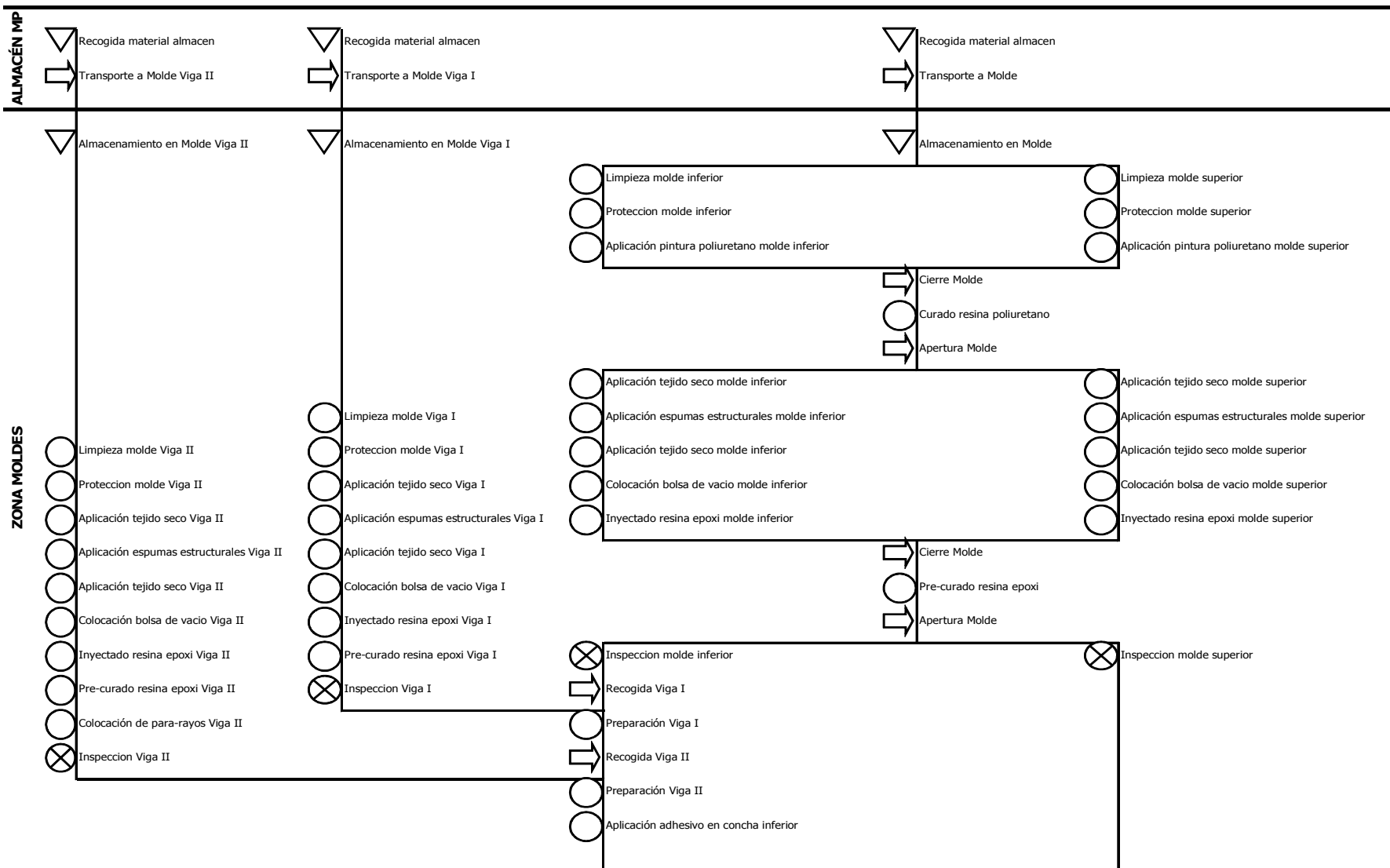
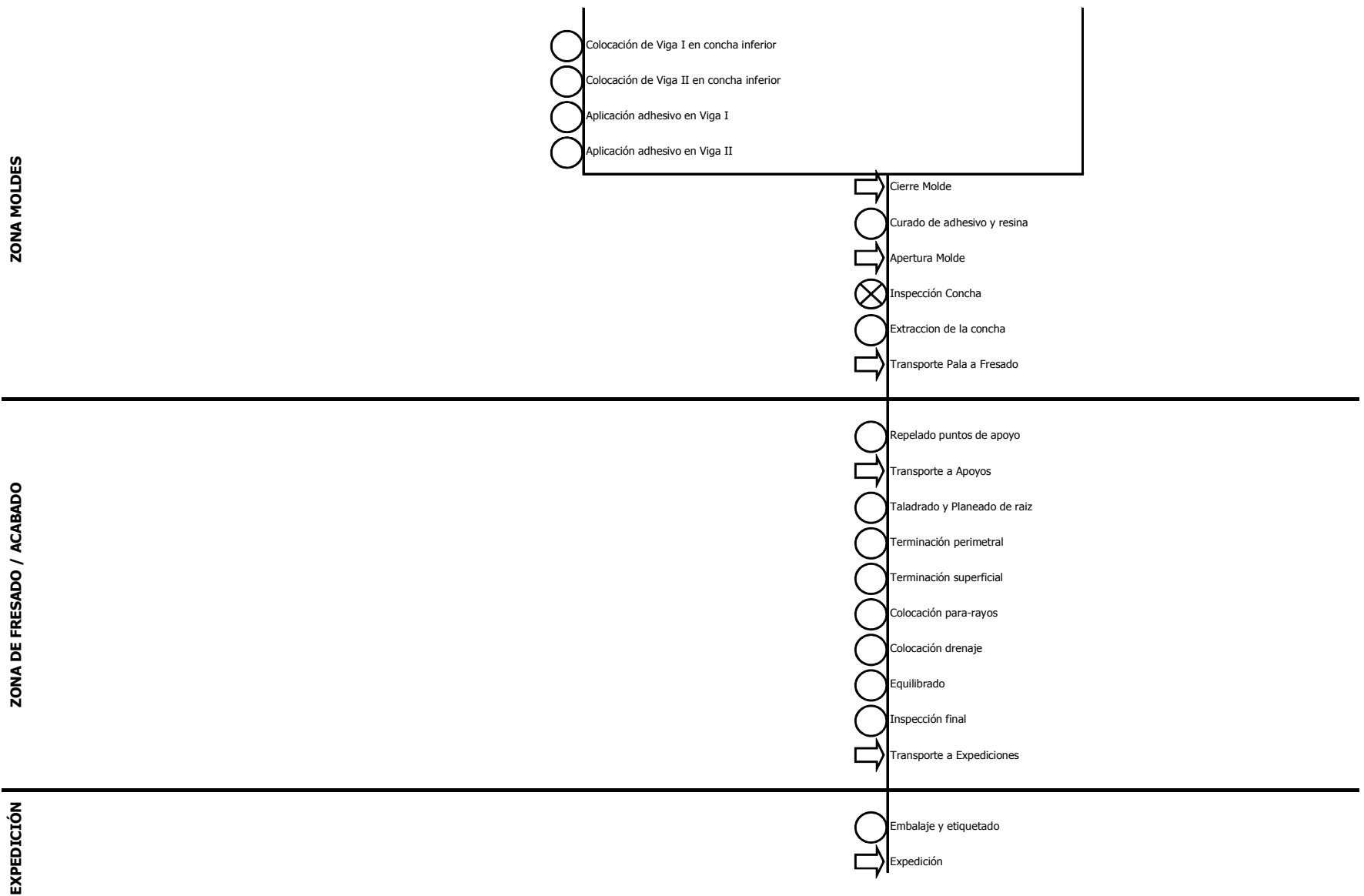
-  Operación
-  Inspección
-  Almacenamiento
-  Demora
-  Transporte



Diagrama de Operaciones del Proceso de Fabricación de Palas







2.2.3. TIEMPOS DE PROCESO

A continuación se calculan los tiempos de proceso de cada una de las fases en las que se divide la fabricación de una pala. Para el cálculo de los tiempos de proceso se ha partido de los tiempos estándar de operación, facilitados por empresas especializadas en la fabricación de palas de aerogenerador.

El tiempo estándar para una operación dada es el tiempo requerido para que un operario de tipo medio, plenamente cualificado y formado, y trabajando a un ritmo normal, la realice.

El tiempo que se empleará en realizar una operación concreta será, como norma general, el tiempo estándar entre el nº de operarios que la lleven a cabo. Así pues:

$$T_{op} = \frac{T_s}{n_{op}}$$

donde T_{op} es el tiempo de operación, T_s es el tiempo estándar y n_{op} es el número total de operarios que llevarán a cabo dicha operación.

Hay operaciones que requieren un tiempo concreto por la naturaleza de las materias primas y maquinaria que se manejan y no permiten realizar este ajuste por medio del número de operarios que la realizan. Estas operaciones son el mecanizado, la inyección de resina, la aplicación y curado de adhesivo y gel-coat,...

Para el cálculo de los tiempos de proceso se ha partido de los tiempos estándar de operación y se han ajustado los operarios necesarios para tratar de cuadrar el ritmo de fabricación a una pala al día. En las tablas también se muestran los tiempos de ocupación de las máquinas y los operarios estimados para la realización de cada operación.



2.2.3.1. FASE DE MOLDEO

Los tiempos de operación para la fabricación de las conchas de la pala se han determinado de tal forma que el tiempo máximo de duración del proceso sea de 24 horas. De esta forma conseguimos que el ciclo por pala para el molde no sea superior a un día y, por lo tanto, se pueda fabricar una pala cada 24 horas. En aquellas operaciones que lo permiten se ajusta el número de trabajadores para obtener un tiempo de operación que posibilite mantener el ritmo de producción deseado.

Pero existen operaciones que no permiten ajustar el tiempo por el número de operarios, ya que la duración del proceso es inflexible. Estas operaciones nos determinan los siguientes tiempos:

- El tiempo mínimo de aplicación de la pintura de poliuretano o gel-coat viene determinado por el tiempo en el que el material empieza a curarse a temperatura ambiente. Esto son 30 minutos; por lo que tenemos que aplicar la capa en cada mitad del molde en ese tiempo para conseguir un curado uniforme.
- El tiempo estándar para la aplicación del adhesivo es de 30 minutos, que es lo que tardan en reaccionar los dos componentes que lo forman. Tenemos este tiempo para poner en contacto las piezas que queremos unir.
- El tiempo para el inyectado de resina es de aproximadamente 300 minutos para las conchas y 150 para las vigas, según las simulaciones de elementos finitos realizadas por las empresas especializadas. Este tiempo es necesario para que se produzca una homogénea distribución de la resina sin que aparezcan zonas con burbujas de aire u otros defectos que repercutan en las propiedades mecánicas de la pala.
- Los tiempos de curado de los materiales vienen determinados en las hojas de especificaciones y son los que se muestran en la tabla de tiempos.

A continuación se presentan unas tablas que recogen los tiempos de proceso de las operaciones que se dan en la fase de moldeo.



Tiempos de Proceso de Fabricacion Conchas

Proceso	Maquina	Tiempo Operación (min)	Tiempo Ocupación Molde I (min)	Tiempo Ocupación Molde II (min)	Tiempo Ocupación Aplic. Pintura (min)	Tiempo Ocupación Inyector (min)	Tiempo Ocupación Aplic. Adhesivo (min)	Tiempo Ocupación P-Grua (min)	Nº Personas	Tiempo Standard
Recogida material almacen	Almacen M. Prima	30							4	120
Transporte a Molde	Transpaleta	10							4	40
Limpieza molde inferior	Molde conchas (2)	30	30						6	180
Proteccion molde inferior	Molde conchas (2)	30	30						6	180
Limpieza molde superior	Molde conchas (2)	30		30					6	180
Proteccion molde superior	Molde conchas (2)	30		30					6	180
Aplicación pintura poliuretano molde inferior	Molde conchas (2)	30	30		30				6	180
Aplicación pintura poliuretano molde superior	Molde conchas (2)	30		30	30				6	180
Curado resina poliuretano	Molde conchas	60	60	60					1	60
Colocación de tejido seco molde inferior	Molde conchas (2)	120	120						6	720
Colocación de tejido seco molde superior	Molde conchas (2)	120		120					6	720
Colocación de espumas estructurales molde inferior	Molde conchas (2)	30	30						6	180
Colocación de espumas estructurales molde superior	Molde conchas (2)	30		30					6	180
Colocación de tejido seco molde inferior	Molde conchas (2)	120	120						6	720
Colocación de tejido seco molde superior	Molde conchas (2)	120		120					6	720
Colocación de bolsa de vacio molde inferior	Molde conchas (2)	150	150						6	900
Colocación de bolsa de vacio molde superior	Molde conchas (2)	150		150					6	900
Inyectado de resina epoxi molde inferior	Molde conchas (2)	300	300			300			2	600
Inyectado de resina epoxi molde superior	Molde conchas (2)	300		300		300			2	600
Pre-curado resina epoxi	Molde conchas	120	120	120					1	120
Inspeccion molde inferior	Molde conchas (2)	15	15						6	90
Inspeccion molde superior	Molde conchas (2)	15		15					6	90
Recogida Viga I	Puente Grúa	60						60	3	180
Preparación Viga I	Zona Auxiliar	30						30	4	120
Recogida Viga II	Puente Grúa	60						60	3	180
Preparación Viga II	Zona Auxiliar	30						30	1	30
Aplicación adhesivo en concha inferior	Molde conchas (1)	30	30				30		4	120
Colocación de Viga 1 en concha inferior	Molde conchas (1)	15	15						2	30
Colocación de Viga 2 en concha inferior	Molde conchas (1)	15	15						2	30
Aplicación adhesivo en Viga I	Molde conchas (1)	15	15				15		4	60
Aplicación adhesivo en Viga II	Molde conchas (1)	15	15				15		4	60
Curado de adhesivo y resina	Molde conchas	300	300	300					1	300
Inspección	Molde conchas	15	15	15					6	90
Extracción de la Concha	Molde conchas	30	30	30				30	4	120
	Min	2485	1440	1350						9160
	Horas	41	24	23						153
	Operarios									19



Tiempos de Proceso de Fabricacion Viga I							
Proceso	Maquina	Tiempo Operación (min)	Tiempo Ocupación Molde (min)	Tiempo Ocupación Aplic. Pintura (min)	Tiempo Ocupación Inyector (min)	Nº Personas	Tiempo Standard
Recogida material almacen	Almacen M. prima	30				2	60
Transporte a molde	Transpaleta	10				2	20
Limpieza molde	Molde Viga I	30	30			3	90
Proteccion molde	Molde Viga I	30	30			3	90
Aplicación pintura	Molde Viga I	30	30	30		3	90
Precurado- pintura	Molde Viga I	60	60			1	60
Aplicación de tejido seco	Molde Viga I	120	120			3	360
Aplicación de espumas estructurales	Molde Viga I	60	60			3	180
Aplicación de tejido seco	Molde Viga I	120	120			3	360
Colocación de bolsa de vacio	Molde Viga I	120	120			3	360
Inyectado de resina epoxi	Molde Viga I	150	150		150	2	300
Pre-curado resina epoxi	Molde Viga I	120	120			1	120
Inspeccion	Molde Viga I	15	15			3	45
	Min	895	855				2135
	Horas	15	14				36
	Operarios						4



Tiempos de Proceso de Fabricacion Viga II

Proceso	Maquina	Tiempo Operación (min)	Tiempo Ocupación Molde (min)	Tiempo Ocupación Aplic. Pintura (min)	Tiempo Ocupación Inyector (min)	Nº Personas	Tiempo Standard
Recogida material almacen	Almacen M. prima	30				2	60
Transporte a molde	Transpaleta	10				2	20
Limpieza molde	Molde Viga II	30	30			3	90
Proteccion molde	Molde Viga II	30	30			3	90
Aplicación pintura	Molde Viga II	30	30	30		3	90
Precurado- pintura	Molde Viga II	60	60			1	60
Aplicación de tejido seco	Molde Viga II	120	120			3	360
Aplicación de espumas estructurales	Molde Viga II	60	60			3	180
Aplicación de tejido seco	Molde Viga II	120	120			3	360
Colocación de bolsa de vacio	Molde Viga II	120	120			3	360
Inyectado de resina epoxi	Molde Viga II	150	150		150	2	300
Pre-curado resina epoxi	Molde Viga II	120	120			1	120
Inspeccion	Molde Viga II	15	15			3	45
	Min	895	855				2135
	Horas	15	14				36
	Operarios						4



2.2.3.2. FASE DE MECANIZADO

Según indica el fabricante de herramientas SANDVIK Coromant, en el taladrado de materiales compuestos son recomendables velocidades de corte (V_c) de unos 200 m/min a bajas velocidades de avance, normalmente de (f_n) 0,16 mm/rev. Obtenemos los tiempos de taladrado como se indica a continuación:

$$n = \frac{V_c \times 1.000}{\pi \times D_c} [rpm]$$

$$V_f = f_n \times n \left[\frac{mm}{min} \right]$$

$$t_{taladrado} = \frac{L \times 60}{V_f} [seg]$$

donde n es la velocidad de giro de la herramienta, D_c es el diámetro de la broca, V_f la velocidad de penetración, $t_{taladrado}$ es el tiempo en realizar un agujero de profundidad L .





También según SANDVIK Coromant para el fresado de materiales compuestos son recomendables una velocidad de corte (V_c) de 150 m/min y un avance por diente (f_z) de 0.16 mm/plaquita en operación de desbaste y 0,1 mm/plaquita en acabado. Para el planeado de la cara de unión al buje se utilizará una fresa de diámetro (D_c) 120 mm con 8 plaquitas (z_n). Obtenemos los tiempos de taladrado como se indica a continuación:

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times D_c} [rpm]$$

$$V_f = f_z \times n \times z_n \left[\frac{mm}{min} \right]$$

$$t_{fresado} = \frac{D_{raiz} \times \pi \times 60}{V_f} [seg]$$

donde n es la velocidad de giro de la herramienta, V_f es la velocidad de avance y $t_{fresado}$ es el tiempo necesario para realizar una pasada por toda la superficie de la raíz de la pala de diámetro D_{raiz} .





También se estima un incremento del 20% en el tiempo de taladrado debido a la necesidad de desahogo de viruta y al incremento en tiempo de ambas operaciones por soplado y limpieza. Se presenta a continuación un cuadro resumen con los resultados de las operaciones:

TIEMPOS MECANIZADO				
	Agujero Longitudinal	Agujero Radial	Fresado Desbaste	Fresado Acabado
Dc (mm)	30	60	120	120
L, Draiz (mm)	200	150	3200	3200
Vc (m/min)	200	200	200	200
fn (mm/rev), fz (mm/plaqu)	0,16	0,16	0,16	0,1
Nº Plaquitas	-	-	8	8
Nº Mecanizados	140	140	1	1
n (rpm)	2.122	1.061	531	531
Vf (mm/min)	340	170	679	424
ttaladrado, tfresado (seg)	35	53	888	1421
t (min)	82	124	15	24
20% desahogo (min)	16	25	-	-
10% soplado/limpieza (min)	8	12	1	2
Total (min)	107	161	16	26



Tiempos de Proceso de Taladrado

Proceso	Maquina	Tiempo Operación (min)	Tiempo Ocupación Máq. Taladrar (min)	Tiempo Ocupación P. Grua (min)	Nº Personas	Tiempo Standard
Repelado puntos de apoyo	Puente Grua	15		15	4	60
Transporte a Apoyos	Puente Grua	60	45	45	4	240
Mecanizado Agujeros Radiales	Maquina de Taladrar y Refrentar	165	165		1	165
Mecanizado Agujeros Axiales	Maquina de Taladrar y Refrentar	105	105		1	105
Refrentado de cara de apoyo	Maquina de Taladrar y Refrentar	45	45		1	45
Inspección	Maquina de Taladrar y Refrentar	60	30		2	120
	Min	450	390			735
	Horas	7,5	6,5			12,25
	Operarios					2



2.2.3.3. FASE DE ACABADO

Los tiempos de operación para el acabado de la pala se han determinado de tal forma que el tiempo máximo de duración del proceso sea de 21 horas. De esta forma conseguimos que el ciclo por pala para el molde no sea superior a un día y, por lo tanto, se pueda fabricar una unidad cada 24 horas. En aquellas operaciones que lo permiten se ajusta el número de trabajadores para obtener un tiempo de operación que posibilite mantener el ritmo de producción deseado.

$$T_{op} = \frac{T_s}{n_{op}}$$



Tiempos de Proceso de Acabado y Montaje							
Proceso	Maquina	Tiempo Operación (min)	Tiempo Ocupación Máq. Taladrar (min)	Tiempo Ocupación P. Grua (min)	Tiempo Ocupación Inyector (min)	Nº Personas	Tiempo Standard
Repelado perimetral	Puesto de Acabado	30	30			4	120
Acabado B. Ataque	Puesto de Acabado	120	120			8	960
Acabado B. Salida	Puesto de Acabado	120	120			8	960
Acabado superficial	Puesto de Acabado	300	300			8	2400
Colocación de para-rayos	Puesto de Acabado	90	90			4	360
Colocación de drenajes	Puesto de Acabado	60	60			4	240
Pesado	Puesto de Acabado	30	30	30		2	60
Equilibrado	Puesto de Acabado	135	135		75	2	270
Re-pesado	Puesto de Acabado	30	30	30		2	60
Etiquetado	Puesto de Acabado	15	15			4	60
Inspeccion	Puesto de Acabado	60	60			4	240
	Min	990	990				5730
	Horas	16,5	16,5				96
	Operarios						12



2.3. EQUIPOS PRODUCTIVOS

2.3.1. DESCRIPCIÓN Y DIMENSIONADO DE EQUIPOS

2.3.1.1. MOLDE DE CONCHAS

Se trata del equipo productivo más importante y de mayor tamaño de todos los que se necesitan para fabricar una pala. Es el que más tiempo está ocupado durante el ciclo de fabricación de una unidad y, por tanto, el que nos determinará el ritmo de producción de la planta.

Está compuesto por dos mitades independientes. Cada mitad está formada por un entramado de tubos de acero soldados sobre el que se coloca el molde de la mitad de la pala; fabricado en material compuesto. El molde debe tener una resistencia a la temperatura superior a la de curado de las conchas y debe de ser capaz de resistir el peso de los operarios que trabajan sobre éste.



Mientras los operarios están trabajando las dos mitades permanecen separadas e independientes una de la otra para facilitar su movimiento por los alrededores. Cuando es necesario cerrar el molde para realizar el curado de los componentes se colocan unos útiles que hacen la función de bisagra.



Durante la operación de cierre una de las dos mitades permanece fija, mientras que la otra realiza un movimiento de giro de 180°. Una vez ejecutado este movimiento tendríamos una mitad del molde sobre la otra. En este momento la mitad del molde que se encuentra “suspendida” en el aire hace un movimiento vertical hacia abajo hasta entrar en contacto con la otra.



Por la parte inferior del molde se instala el sistema de calentamiento por hilo radiante. Se trata de un hilo conductor de corriente instalado en el envés del molde de cada mitad de concha formando una especie de manta eléctrica. La potencia del sistema de calentamiento es de unos 750 W/m².

DIMENSIONADO DEL MOLDE

El tamaño del molde viene determinado por las dimensiones de la pala. Así pues, cada una de las mitades del molde tendrá las siguientes dimensiones aproximadas:

- Largo: 61,5 m
- Ancho: 5 m
- Alto: 1,7 m

El molde completo pesa unas 24 toneladas, por lo que cada una de las mitades pesará unos 12.000 kg.

La superficie del molde sobre la que se realiza el curado de las conchas es de unos 490 m². Como se ha comentado antes esta superficie estará cubierta por el sistema de calentamiento del molde. La potencia del sistema de calentamiento es de unos 750 W/m², por lo que la potencia eléctrica necesaria para el molde es de:

$$P_{molde} = 750 \frac{W}{m^2} \times 490 m^2 = 367.500 W \equiv 367,5 kW$$



2.3.1.2. MOLDES DE VIGAS I Y II

Cada una de las vigas tiene su propio molde. A diferencia del de conchas, el molde de una viga no está formado por dos mitades que se abren y se cierran.

Como los moldes de conchas, están formados por un bastidor de tubos estructurales soldados al que está unida la pieza de material compuesto que posteriormente dará la forma a la viga. El molde debe tener una resistencia a la temperatura superior a la de curado de la resina con la que se fabrican las vigas.

Por la parte inferior del molde se instala el hilo radiante mediante el cual se hace el calentamiento del molde. La potencia del sistema de calentamiento es de unos 750 W/m^2 .



DIMENSIONADO DE LOS MOLDES

La longitud y la anchura de los moldes vendrán determinadas por el tamaño de las vigas. La altura será tal que permita un trabajo ergonómico para los operarios. Cada viga de refuerzo será de diferente forma y longitud. Las dimensiones aproximadas de cada uno de los moldes serán:

- Largo: 58 y 45 m
- Ancho: 3,2 m
- Alto: 0,95 m

La superficie del molde sobre la que se realiza el curado de cada una de las vigas es de entre 64 y 36 m^2 aproximadamente. Como se ha comentado antes esta superficie estará cubierta por el sistema de calentamiento. La potencia es de unos 750 W/m^2 , por lo que la potencia eléctrica necesaria para cada molde es de:

$$P_{\text{molde}} = 750 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 64 \text{ m}^2 = 48.000 \text{ W} \equiv 48 \text{ kW}$$

$$P_{\text{molde}} = 750 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} \times 36 \text{ m}^2 = 27.000 \text{ W} \equiv 27 \text{ kW}$$



2.3.1.3. APLICADOR DE GEL-COAT

Es necesario aplicar una capa de gel-coat sobre el molde de conchas para darle la superficie de acabado a la pala. El gel-coat es un tipo de material formado por una resina y un reactivo. Este equipo se encarga de dosificar en la justa medida cada uno de los componentes y de aplicarlo sobre la superficie del molde.



Está formado por un chasis con ruedas sobre el que se fija el sistema de dosificación, los depósitos de cada uno de los componentes, el sistema de control y un brazo articulado al que se fija la manguera por la que fluye el gel-coat hasta la pistola de aplicación.

El equipo se desplazará alrededor de los moldes y mediante el brazo articulado el operario será capaz de cubrir toda la superficie del mismo.

DIMENSIONADO DEL APLICADOR DE GEL-COAT

Para un correcto curado de toda la capa de gel-coat es necesario realizar esta operación en 30 minutos como máximo; para que no haya unas partes con mayor tiempo de curado que otras, ya que según el fabricante en ese tiempo es cuando comienza a reaccionar la resina con el catalizador.

Según las especificaciones del fabricante, la capa de gel-coat que se debe aplicar a toda la superficie de la pala (490 m^2 aproximadamente) es de entre 0,3 mm y 0,4 mm de espesor. Así pues se calcula el volumen total de gel-coat que se debe aplicar:

$$V = S \times e = 490 \times 0.00035 = 0,1715 \text{ m}^3 \text{ de gel-coat}$$

$$0,1715 \text{ m}^3 \equiv 171,5 \text{ dm}^3 \equiv 171,5 \text{ litros}$$



Por tanto se necesita un equipo con la capacidad de aplicar 175 litros de material en 30 minutos; es decir 5,8 l/min.

La marca consultada, Hilger u. Kern / DopagMeteringTechnology, tiene equipos con capacidad de aplicar 3 y 5 l/min respectivamente. Así pues deberemos disponer de dos equipos 2C Gel Coat ELDO-MIX de 3 l/min de salida; aplicando 2,9 l/min cada uno de ellos.

Las dimensiones principales y potencia de cada equipo son aproximadamente:

- Largo: 2,3 m
- Ancho: 1,22 m
- Alto: 3,6 m
- Potencia: 2,2 kW

El brazo articulado del equipo tiene una envergadura de 3 m.



2.3.1.4. APLICADOR ADHESIVO EPOXI

Se trata de un equipo similar al de aplicación de gel-coat, pero éste aplica adhesivo bicomponente. Al igual que ocurre con el gel-coat, para que el adhesivo comience a realizar su función es necesario mezclar dos reactivos en una proporción concreta dada por el fabricante.

Dispone de ruedas para poder desplazarlo alrededor de los moldes y de un brazo articulado de 3 m de envergadura del que cuelga la manguera y la pistola de dosificación.



DIMENSIONADO DEL APLICADOR DE ADHESIVO

El momento en el que se necesita aplicar mayor cantidad de adhesivo es justo antes de cerrar el molde una vez colocadas las dos vigas de refuerzo de la pala. Será necesario aplicar pegamento en todo el perímetro de la pala y en una de las caras de ambas vigas de refuerzo. Según las especificaciones técnicas de los pegamentos bicomponente habrá que aplicarlos en 30 minutos como máximo antes de que comiencen a endurecerse.

El perímetro de la concha es de unos 125 m. La longitud de las vigas interiores se supone de 61,5 m cada una. Aproximadamente se aplica un espesor de 2 cm de adhesivo en un canto de unos 100 mm de anchura a lo largo de todo el perímetro y en cada una de las vigas de refuerzo. Se calcula el volumen de adhesivo a aplicar:

$$(125 + 58 + 45) \times 0,1 \times 0,02 = 0,456 \text{ m}^3$$

$$0,456 \text{ m}^3 \equiv 456 \text{ dm}^3 \equiv 456 \text{ litros}$$



Por tanto se necesita como mínimo un equipo de aplicación de adhesivo con la capacidad de salida de 456 litros de material en 30 minutos; es decir 15,2 l/min.

El fabricante Hilger u. Kern / DopagMeteringTechnology dispone de un equipo de aplicación de adhesivo bicomponente con una capacidad de 20 l/min; ELDO-MIX 2C GlueResin. Deberemos, por tanto disponer de un equipo para aplicar adhesivo bicomponente.

Aunque por exigencias de caudal con un único equipo nos bastaría, por las distancias que son necesarias recorrer para aplicar el adhesivo no daría tiempo a hacerlo en sólo 30 minutos. Cuando las vigas I y II están ya colocadas sobre la concha 1 se deberá aplicar adhesivo sobre estas dos conchas y sobre todo el contorno de la pala, por tanto habrá que hacer cuatro recorridos de 61,5 m. Si se supone que se aplican 100 mm por segundo tenemos que:

$$t = \frac{4 \times 61,5}{0,1} = 2.460 \text{ segundos} \equiv 41 \text{ minutos}$$

Por tanto serán necesarios dos equipos de aplicación de adhesivo.

Las dimensiones principales y potencia de cada equipo son aproximadamente:

- Largo: 4 m
- Ancho: 1,1 m
- Alto: 3,6 m
- Potencia: 11 kW

El brazo articulado del equipo tiene una envergadura de 3 m.



2.3.1.5. INYECTOR DE RESINA EPOXI

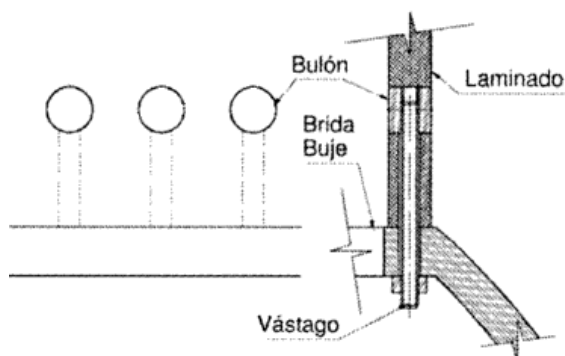
Equipo móvil que tiene la función de dosificar la resina con el catalizador que la hace reaccionar. El equipo también es el encargado de aplicar cierta presión al fluido antes de entrar en el molde y de aplicar vacío cuando sale para conseguir una correcta impregnación de las fibras colocadas en el molde.



DIMENSIONADO DEL INYECTOR DE RESINA

El peso de la pala es de 18.841 kg (según la hoja de especificaciones de LM). Se supone que la pala se fabricará de material compuesto formado por fibra de vidrio y resina epoxi al 50% en volumen y que las espumas de refuerzo estructurales no contribuirán al peso de la pala.

Se calcula a continuación el peso de los tornillos de unión al buje. Esta unión se realiza por medio del sistema t-bolt, cuyo esquema se muestra en la siguiente figura. Habrá 140 tornillos en el perímetro de la raíz de la pala. Se supone el vástago roscado de M30 y longitud de 400 mm, mientras que el bulón será de Ø60 y longitud 150 mm. La densidad del acero es de 7.850 kg/m^3 .





$$W = 140 \times [(\pi r_{30}^2 \times L_{30}) + (\pi r_{60}^2 \times L_{60})] \times 7.850$$

$$W = 140 \times [(\pi 0,015^2 \times 0,4) + (\pi 0,03^2 \times 0,15)] \times 7.850 \cong 775 \text{ kg}$$

También debemos calcular el peso del adhesivo utilizado para pegar los distintos componentes de la pala. En el apartado anterior hemos visto que se necesitan aplicar 496 litros de adhesivo en 30 minutos. Pero ese no es todo el que se debe aplicar, ya que previamente hay que pegar las vigas a la mitad de la concha sobre la que se colocan. Se calcula la cantidad de pegamento:

$$(58 + 45) \times 0,1 \times 0,02 = 0,206 \text{ m}^3$$

$$0,206 \text{ m}^3 \equiv 206 \text{ dm}^3 \equiv 206 \text{ litros}$$

$$456 + 206 = 662 \text{ litros}$$

Por lo tanto, en total, se aplican unos 660 litros de adhesivo ($0,660 \text{ m}^3$). La densidad del adhesivo bicomponente, según las especificaciones técnicas del fabricante, es de 1.100 kg/m^3 . Por tanto el peso del adhesivo en la pala es de unos 725 kg.

Así pues el peso de material compuesto que forma la pala será de:

$$W_{mc} = 18.841 - 725 - 775 = 17.341 \text{ kg}$$

La densidad de la fibra de vidrio es 2.540 kg/m^3 y la de la resina epoxi 1.123 kg/m^3 . Así pues se calcula el volumen de resina que es necesario inyectar durante el proceso de infusión:

$$W_{mc} = 0,5V_t \rho_{ep} + 0,5V_t \rho_{fv} = 17.341 \text{ kg}$$

$$W_{mc} = 0,5V_{mc}(\rho_{ep} + \rho_{fv}) = 17.341 \text{ kg}$$

$$V_{mc} = \frac{17.341}{0,5(\rho_{ep} + \rho_{fv})} = \frac{17.341}{0,5(1.123 + 2.540)} = 9,5 \text{ m}^3$$



$$V_{ep} = \frac{V_{mc}}{2} = \frac{9,75}{2} \cong 4,75 \text{ m}^3$$

$$4,75 \text{ m}^3 \equiv 4.750 \text{ dm}^3 \equiv 4.750 \text{ litros}$$

Según los estudios realizados por las empresas especializadas, como se ha comentado anteriormente, el inyectado de la resina en unas piezas como las conchas de las palas conlleva un tiempo de unos 300 minutos. Por tanto se necesita un equipo capaz de inyectar 4.750 litros en 300 minutos; es decir, unos 15,8 l/min.

El fabricante Hilger u. Kern / Dopag Metering Technology dispone de un equipo de inyección de resina epoxi con capacidad máxima de salida de 20 l/min; ELDO-MIX 2C Infusion Resin.

Aunque por exigencias de caudal con un único equipo nos bastaría, no cumplimos las exigencias a la hora de que se produzca la correcta distribución del mismo en el molde de las conchas. Según las empresas especializadas, para realizar la infusión de unas piezas de este tamaño serían necesarios tres equipos de inyección, de tal forma que se asegura que la resina llega a cada zona en la cantidad deseada.

Las dimensiones principales y potencia de estos equipos son aproximadamente:

- Largo: 1,85 m
- Ancho: 1,5 m
- Alto: 1,95 m
- Potencia: 19,2 kW



2.3.1.6. MÁQUINA TALADRADO-REFRENTADO

Máquina de control numérico encargada de realizar los 140 agujeros en dirección axial y los 140 en dirección radial en la raíz de la pala. En estos agujeros se introducirán posteriormente los elementos de unión de la pala al buje.



La máquina estará formada por un bastidor principal que quedará fijo al suelo, un brazo que girará 360° en torno al eje longitudinal de la pala y un cabezal con un husillo de alta velocidad en el que se colocarán las herramientas de taladrado y planeado. El cabezal tendrá un movimiento de giro de 90° que le permitirá realizar tanto los agujeros longitudinales como los radiales.





La máquina dispondrá de un utillaje para aprovechar el giro de 360° del brazo para mover la pala durante el proceso de acabado. Este utillaje se amarrará a la máquina por un lado y a los tornillos de la pala por el otro.

Con la ayuda de otro utillaje como el que se muestra en la figura, que se colocará por la zona media de la pala, se podrá girar ésta para que los operarios sean capaces de acceder a toda la superficie para realizar el proceso de acabado.



Mediante este útil de adaptación podremos aprovechar el mismo espacio en el que se mecaniza la pala para realizar los acabados, evitando tener que disponer de una zona específica para esta tarea y ahorrando gran cantidad de superficie de planta.

Las dimensiones principales aproximadas de la máquina son:

- Largo: 2,4 m
- Ancho: 2,4 m
- Alto: 3,7 m
- Peso Aproximado: 15 Tn
- Potencia: 30 kW



2.3.2. SATURACIÓN DE MÁQUINAS

A continuación se muestra una tabla resumen con los tiempos de funcionamiento o utilización de los equipos productivos que se utilizan en el proceso de fabricación de palas.

SATURACIÓN DE MÁQUINAS		
MÁQUINA	TIEMPO OCUPACIÓN (min)	% OCUPACIÓN
MOLDE DE CONCHAS	1440	100,00
MOLDE DE VIGA I	895	62,15
MOLDE DE VIGA II	895	62,15
APLICADOR DE GEL-COAT	120	8,33
APLICADOR DE ADHESIVO	60	4,17
INYECTOR DE RESINA	510	35,42
MÁQUINA TALADRADO/REFRENTADO	1380	95,83

Como se puede ver en la tabla el cuello de botella del proceso es el molde de fabricación de conchas, que está siendo utilizado prácticamente el 100% del tiempo que se encuentra la fábrica en funcionamiento a un ritmo de producción de una pala al día. En caso de querer aumentar el ritmo de producción se deberá actuar en primer lugar sobre ese equipo y las operaciones que en él se realizan.



2.3.3. PÓRTICOS GRÚA

Para la correcta manipulación de las palas de aerogenerador será necesario disponer de dos grúas. Debido a que la estructura de la nave industrial no va a ser lo suficientemente rígida por su condición de transportable, será necesario instalar pórticos grúa en lugar de puentes grúa. De esta forma se transmiten los esfuerzos directamente al suelo; sin pasar por la estructura de la nave.



La pala pesa 18.840 kg aproximadamente y medio molde de conchas pesa alrededor de 12.000 kg. El puente grúa deberá ser capaz de cargar el peso de media pala y medio molde de conchas, es decir, unas 21,5 toneladas. Por lo tanto necesitaremos dos pórticos grúa de 12 toneladas cada uno. Estos se moverán en sentido longitudinal de la nave por unos raíles colocados sobre una cimentación adecuada.

El molde, al abrirse y cerrarse, alcanza una altura máxima de 7,6 m sobre el suelo, por lo que los pórticos grúa tendrán 8,2 m de altura libre bajo gancho. La distancia entre los carriles del pórtico será de 22 m.

La potencia consumida por cada pórtico grúa será de 25 kW.



2.4. MANO DE OBRA

En el capítulo 3 se ha obtenido el número de operarios directos necesarios para poder fabricar las palas de aerogenerador. Sumando los operarios necesarios para llevar a cabo cada una de las fases del proceso se concluye que son necesarios 19 operarios para el moldeo de conchas, 4 para el de viga I y II, 2 para mecanizados y 12 para acabado; un total de 43.

Al haberse obtenido el número de operarios dividiendo la suma de tiempos estándar de operación entre 8 horas que trabaja cada operario, los 43 operarios están saturados. Por lo tanto se aplica un coeficiente del 10% de insaturación.

Pero además de estos operarios será necesario que haya también encargados, jefes de equipo, ingenieros, responsables de calidad, mantenimiento, limpieza...

Para el cálculo del total de la plantilla que será necesario desplazar con la planta de fabricación se estima que los operarios representan el 65% de la plantilla productiva (puestos directos). Los puestos indirectos serán el 20% de la plantilla productiva, estando englobados en este grupo los responsables y jefes de equipo. El 15% restante (staff) será el formado por ingenieros, responsables de calidad, logística, gerencia, etc.

Otro grupo de personas que trabajarán en la planta serán los que no se consideran como plantilla productiva y que serían los responsables del mantenimiento y de la limpieza.

A continuación se presenta un cuadro resumen con las cifras de operarios necesarios:

Plantilla productiva				
Plantilla	Tº Stándard	Directos	Indirectos	Staff
		65%	20%	15%
Conchas	153	21	4	3
Viga I	36	5	1	1
Viga II	36	5	1	1
Taladrado	18,25	3	1	0
Acabado	132	13	3	2
Suma		47	10	7

Otros Servicios				
Plantilla		Directos	Indirectos	Staff
Limpieza			6	
Mantenimiento			6	
Suma		0	12	0

Resumen				
Subtotal:		47	22	7
Total:				76



Así pues, se estima que son un total de 76 trabajadores los necesarios para hacer funcionar la planta de fabricación de palas.

De estos 76 trabajadores, 69 (directos e indirectos) se dividirán en tres turnos de trabajo de 8 horas cada uno. El resto, los 7 que se han estimado como staff, deberán realizar su trabajo durante el día en horario de jornada partida.

Dependiendo de la legislación que esté vigente en cada país en el que haya que fabricar las palas se podrá desplazar personal propio de la empresa junto con la planta de producción o será necesario formar al número estipulado por ley de operarios locales.

En cualquiera de los casos habrá que tener en cuenta que el precio de la mano de obra será más caro que el que tendría si se fabricasen las palas en una planta fija. Bien por tratarse de operarios desplazados de su residencia habitual en caso de que sean los operarios de la propia empresa los que trabajen (dietas, alojamiento, gastos), o bien por tener que invertir dinero en formar al personal local.



2.5. PLANTA DE FABRICACIÓN

2.5.1. DIMENSIONADO DE ESPACIOS

2.5.1.1. AREA DE FABRICACIÓN

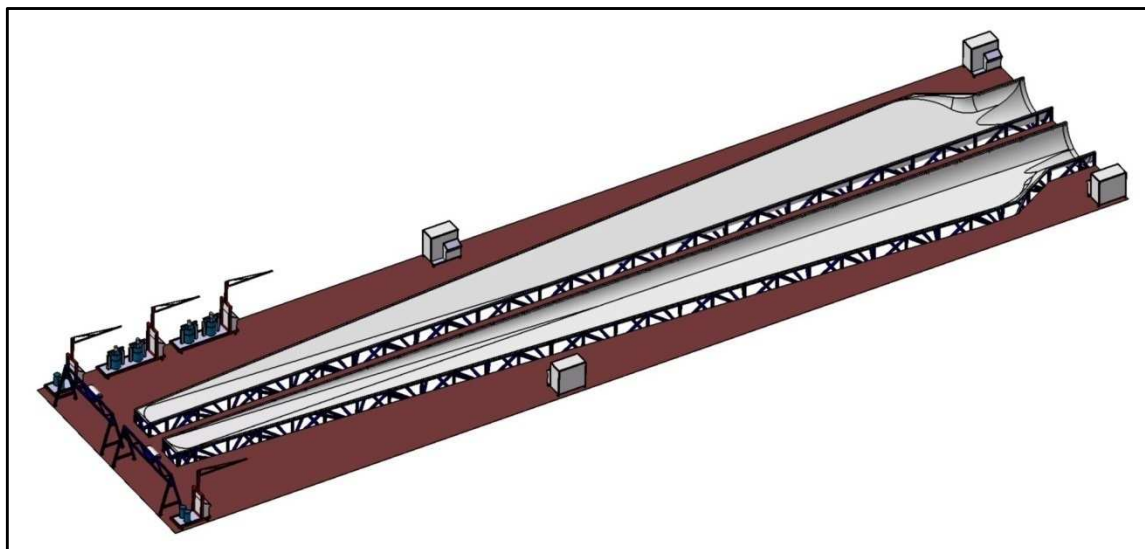
Según el proceso productivo que hay que llevar a cabo para fabricar una pala es lógico pensar que el área de fabricación contará con las siguientes zonas de trabajo:

- Zona de moldeo de conchas,
- Zona de moldeo de Vigas I y II,
- Zona de Mecanizado y Acabado,
- Zona de expediciones.

ZONA DE MOLDEO DE CONCHAS

La zona de moldeo de conchas deberá de tener una longitud suficiente para contener el molde de conchas, que mide 61,5 m, y un espacio de parking en un extremo para dejar la maquinaria que no se esté utilizando en el momento. Además deberá de haber espacio suficiente para el movimiento de los trabajadores. Así pues se estima una longitud aproximada de 65 m. La anchura deberá permitir que por los laterales del molde puedan colocarse las máquinas de infusión y que las de aplicación de adhesivo y gel-coat puedan desplazarse en toda la longitud del molde. De esta forma se estima una anchura de unos 15,9 m.

En la siguiente fotografía se muestra una distribución de la zona de fabricación de conchas.





Además, puesto que el molde de conchas tiene una altura de 1,7 m sobre el suelo, será necesario que la zona de fabricación de conchas esté elevada 0,7 m; para permitir a los operarios acceder al interior del mismo.

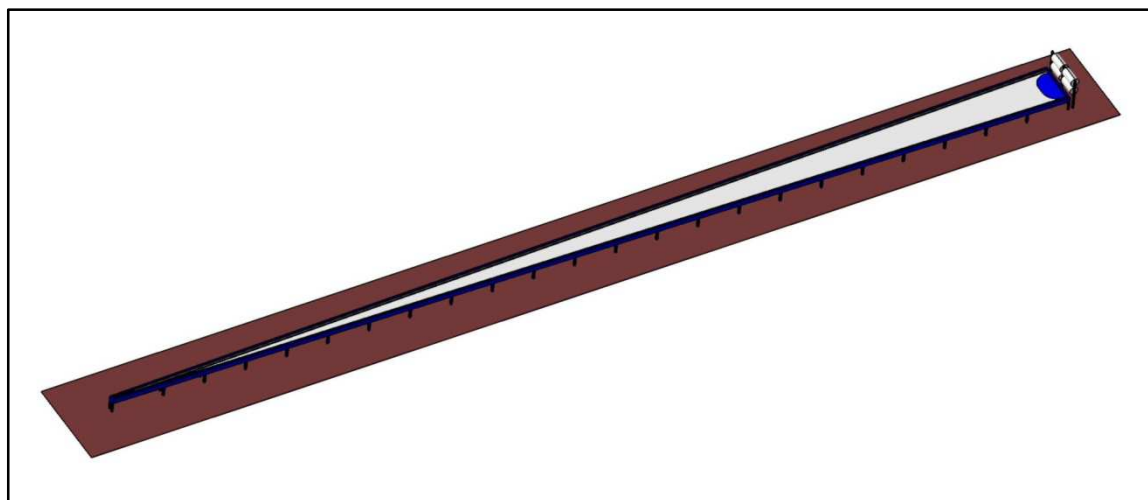
Por lo tanto, la zona de fabricación de conchas tendrá una superficie aproximada de $15,9 \times 65 \text{ m}^2$ ($1.033,5 \text{ m}^2$) y estará elevada sobre el resto del suelo 0,7 m.

ZONA DE MOLDEO DE VIGAS I Y II

La zona de fabricación de vigas deberá tener la suficiente superficie para contener el molde y que tanto los operarios como la maquinaria puedan desplazarse a su alrededor. Los moldes tienen una longitud aproximada de 58 m y una anchura máxima de unos 2,6 m. El molde se nivela sobre el suelo y tiene una altura de 0,9 m.

Se estima que las dimensiones necesarias para la zona de moldeo de una viga serán de 5,6 m de ancho por 65 m de largo. En la zona de fabricación habrá dos zonas de moldeo de viga, una para la viga I y otra para la viga II de 364 m^2 cada una.

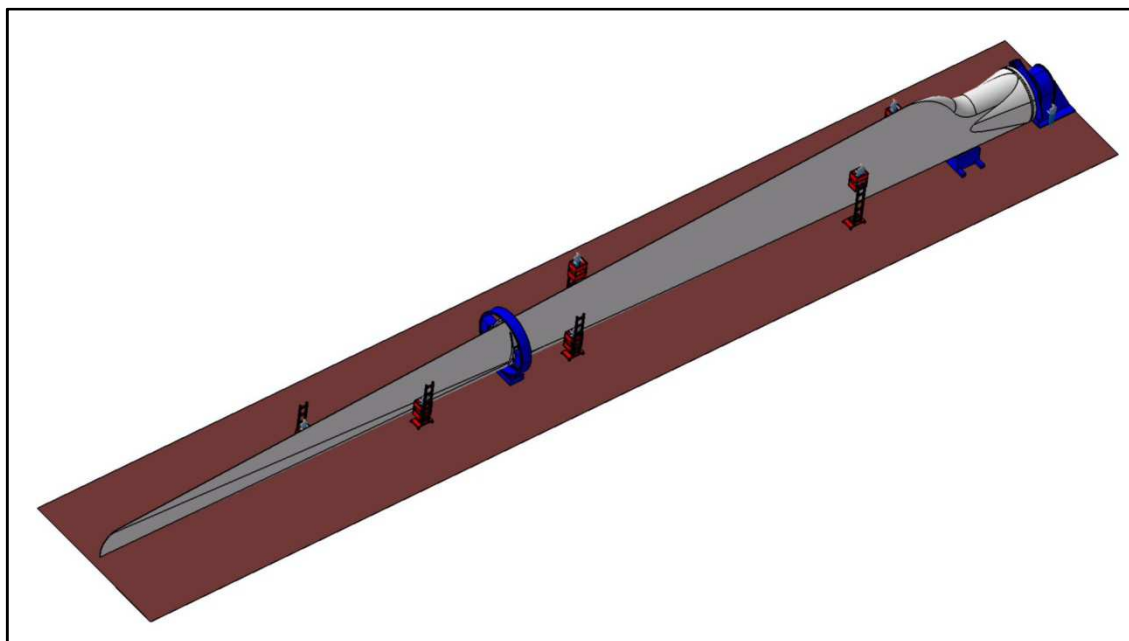
En la siguiente fotografía se muestra la zona de fabricación de una viga.



ZONA DE MECANIZADO Y ACABADO

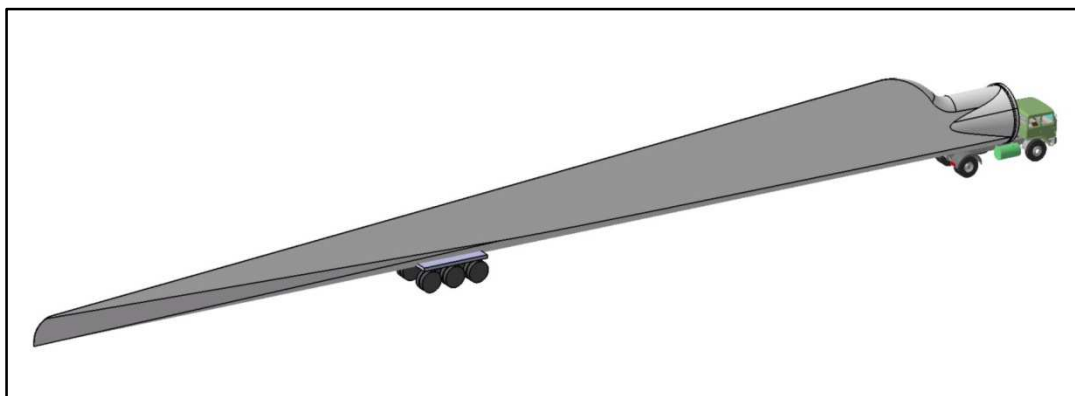
La zona de mecanizado y acabado tiene que ser lo suficientemente larga como para poder albergar la pala del aerogenerador y la fresadora acoplada a la raíz de ésta. En anchura debe ser lo suficientemente grande como para permitir que gire la pala $\pm 90^\circ$, de tal forma que los operarios puedan tener acceso a toda la superficie de la pala.

Se estima que es necesario que la zona de mecanizado y acabado tenga unas dimensiones de unos 67 m de largo y 10,9 m de ancho (730 m^2) para permitir la circulación de los operarios y las plataformas elevadoras alrededor de la pala.

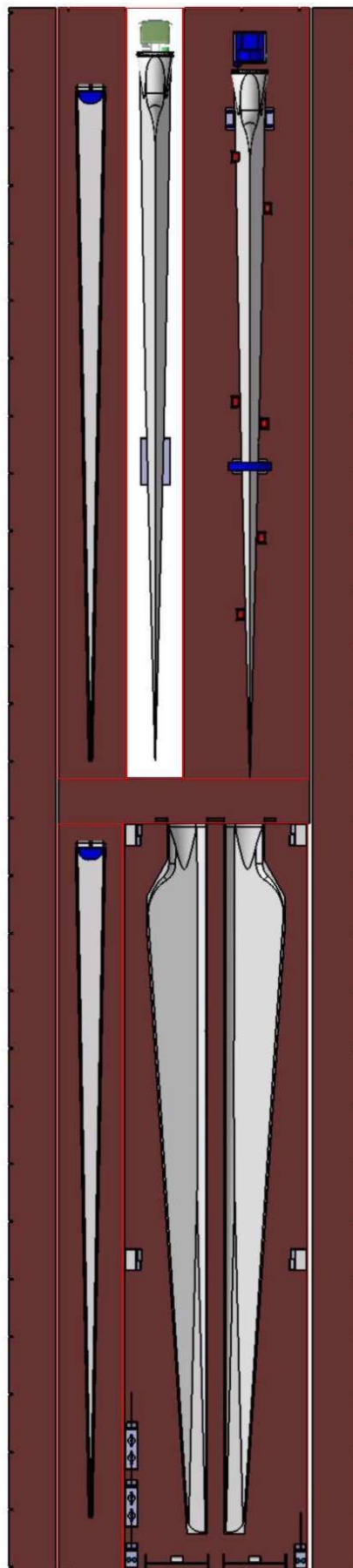


ZONA DE EXPEDICIÓN

La zona de expedición deberá tener el espacio suficiente para poder colocar una pala en el camión que la transportará hasta la zona de montaje del rotor. La zona de expedición tendrá unas dimensiones de 5 x 67 m, 335 m².



En la siguiente foto se muestran las diferentes zonas de fabricación remarcadas en rojo. El resto de superficie serán pasillos y distribuciones. Los pasillos laterales surgen por la necesidad de que la nave tenga mayor anchura para dejar un espacio entre el pórtico grúa y los accesos a oficinas y almacenes y para que el pórtico grúa tenga espacio suficiente en altura y no colisione con las cerchas de la nave.



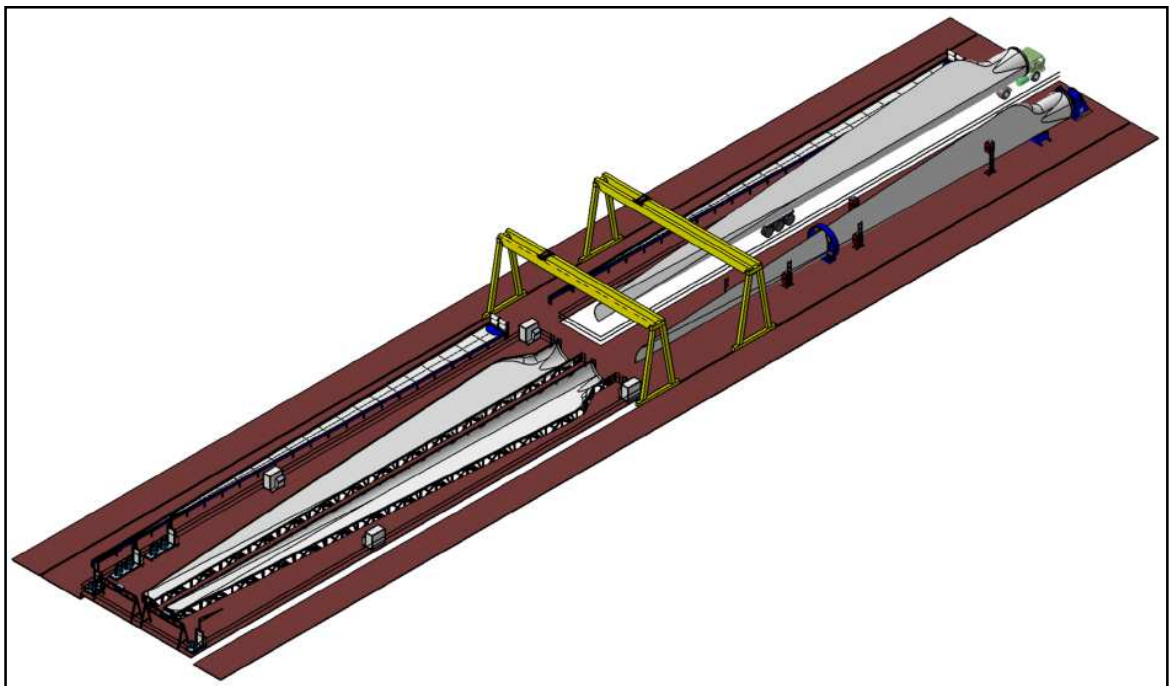
Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador



La distribución de superficies en la zona de fabricación será la que se muestra a continuación:

	Superficie (m ²)
Moldeo de conchas	1033
Moldeo de viga I	364
Moldeo de viga II	364
Fresado y acabado	730
Expedición	335
Distribuciones	76
Pasillos laterales	1148
TOTAL	4050

La zona de fabricación tiene unas dimensiones de 135 m de largo por 30 m de ancho. La superficie es de unos 4.050 m².





2.5.1.2. ALMACENES DE MATERIAS PRIMAS

Éstos se dimensionan para almacenar materia prima para un periodo de un mes. La planta trabajará de lunes a viernes, produciendo 5 palas semanales; 20 al mes.

Existen dos tipos fundamentales de materias primas que condicionan el tipo de almacén que se debe utilizar: los materiales incombustibles y los inflamables.

2.5.1.2.1. ALMACÉN DE MATERIALES INCOMBUSTIBLES

Los materiales incombustibles que se utilizan para la fabricación de las palas son la fibra de vidrio y los elementos de acero que constituyen el sistema de unión T-Bolt.

Para el almacenamiento de productos incombustibles se utilizarán contenedores de transporte marítimo adosados a los laterales de la nave. Los contenedores dispondrán de luminarias y alumbrado de emergencia. Tendrán un enchufe para acoplarse de una manera fácil y rápida al circuito eléctrico de la planta.

Las dimensiones interiores de los contenedores son (Largo x Ancho x Alto):

- 20 pies: 5.898 mm x 2.352 mm x 2.393 mm (13,87 m²)
- 40 pies: 12.025 mm x 2.352 mm x 2.393 mm (28,28 m²)



ROLLOS DE FIBRA DE VIDRIO:

La fibra de vidrio es suministrada en rollos de 1,2 m de ancho y 150 kg cada uno.



En el dimensionado de la máquina de aplicar resina se ha calculado que el volumen de fibra de vidrio que se necesita para la pala es de $4,75 \text{ m}^3$. La densidad de la fibra de vidrio es de 2.540 kg/m^3 . Tenemos entonces que:

$$W_{fv} = 4,75 \times 2.540 = 12.065 \text{ kg}$$

$$n = \frac{12.065}{150} = 80,4$$

Necesitaremos almacenar 80,4 rollos de fibra de vidrio por pala; 1.608 para cubrir la producción de un mes.



El contenedor de 40 pies tiene una capacidad máxima de almacenamiento de 28.750 kg, de modo que como máximo podremos almacenar 191 rollos de fibra de vidrio en cada contenedor.

Por tanto son necesarios 9 contenedores de 40 pies para almacenar la fibra de vidrio necesaria para la producción de palas de un mes.

TORNILLOS DE UNIÓN T-BOLT:

Los tornillos de unión T-Bolt se empaquetan uno a uno para evitar que sufran cualquier desperfecto en las roscas durante su manipulación. Los tornillos irán almacenados por juegos de 140 unidades, un juego por pala. Cuando se fabrique una pala se sacará una caja de espárragos roscados y otra de bulones.



Supondremos que cada uno ocupa un espacio igual al paralelepípedo regular en el que se inscribe:

- Espárrago roscado de M30 x 400: 30x30x400
- Bulón Ø60 x 150: 60x60x150

Los espárragos se almacenarán en 20 contenedores apilables de 500x800x500 y los bulones en otros 20. Por tanto deberemos almacenar 40 contenedores.



Los contenedores apilables se almacenarán en un contenedor marítimo de 20 pies, en una disposición de 3x4 a cuatro alturas. Siempre se intercalarán, en altura, una caja de espárragos con una de bulones, para facilitar el trabajo a los operarios que saquen el material. Las cajas ocuparán aproximadamente la tercera parte del volumen del contenedor.

El resto del espacio se utilizará para almacenar los demás componentes y materiales consumibles de proceso utilizados en el puesto de acabados (casquillos de drenaje, tornillos para rayos, discos de lijadoras orbitales, etc.).

CONSUMIBLES DE PROCESO:

Se estiman necesarios un contenedor de 40 pies para almacenamiento de consumibles de proceso.



2.5.1.2.2. ALMACEN DE MATERIALES INFLAMABLES

De los materiales que componen la pala, las resinas y catalizadores son productos químicos que requieren condiciones especiales de almacenamiento según la instrucción técnica MIE APQ-1 “almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles”.

Las espumas estructurales son altamente inflamables, por lo que deberán de ser almacenadas en contenedores especiales resistentes al fuego.

RESINAS Y CATALIZADORES:

Según el fabricante es necesario conservar a una temperatura controlada los catalizadores y resinas para infusión, adhesivo y gel-coat. Por este motivo los contenedores de almacenamiento deberán estar climatizados.

Todos estos materiales, a excepción de la resina para infusión, son suministrados y consumidos en bidones de 200 l. Estos bidones tienen unas dimensiones de 940 mm de altura y 600 mm de diámetro.



A continuación se calcula la cantidad de bidones de cada una de las sustancias que es necesario almacenar en las cámaras frigoríficas.

Del dimensionado de los equipos que aplican gel-coat, adhesivo y resina conocemos los litros por pala de cada uno. Consultando las especificaciones conocemos las proporciones de la mezcla catalizador – resina.

En el siguiente cuadro se muestran los resultados.



	l/pala	l/mes	Proporción en volumen	Catalizador		Resina	
				l/mes	nº bidones	l/mes	nº bidones
Gel-Coat	171,5	3430	100/30	791,5	4	2638,5	14
Adhesivo Epoxi	496	9920	100/50	3306,7	17	6613,3	34
Resina Infusión	4750	95000	100/31,4	22701,7	114	72298,3	-

La cantidad de resina para infusión necesaria para la producción de palas de un mes es de 72.200 l. La resina para infusión se suministra y se consume en depósitos IBC de 1.000 litros de capacidad. Por tanto deberemos almacenar 73 depósitos IBC.

Las dimensiones del IBC son 1.200 mm x 1.000 mm x 1.170 mm.



Los almacenes de estas sustancias químicas serán contenedores adaptados según la Instrucción Técnica MIE APQ-1. Las características de estos contenedores son:

- Revestimiento resistente al fuego (RF120).
- Cubetos de retención de líquido homologado.
- Aislamiento térmico.
- Puertas de cierre automático con cierre antipánico
- Iluminación estanca.
- Climatización.



Como ya se ha comentado, estos contenedores deberán estar climatizados para mantener las resinas y catalizadoras a su temperatura óptima de conservación. Concretamente las resinas y catalizadores de adhesivo y gel-coat deben estar entre 10 y 25° C, y la resina y su correspondiente catalizador entre 18 y 25 °C.

Las dimensiones interiores y nº de bidones que son capaces de almacenarlos contenedores adaptados son las siguientes:

	CAPACIDAD	
	20 pies	40 pies
Largo (mm)	5898	11548
Ancho (mm)	2352	2286
Alto (mm)	2393	2393
Potencia (kW)	6,5	8
Nº Bidones	48	114
Nº IBC	16	36

Aunque por volumen se pueden almacenar 36 depósitos IBC en un contenedor de 40 pies, únicamente podremos meter 26 unidades debido a su restricción de carga máxima autorizada (28.750 kg).



Serán necesarios los siguientes contenedores:

- 1 contenedor de 40 pies para almacenar los 114 bidones de catalizador de resina.
- 1 contenedor de 20 pies para almacenar los 48 bidones de resinas para adhesivo y gel-coat.
- 1 contenedor de 20 pies para almacenar los 21 bidones (17+4) de catalizador de gel-coat y adhesivo.
- 3 contenedores de 40 pies para almacenar los 73 depósitos IBC de resina para infusión.

ESPUMAS ESTRUCTURALES:

Las espumas estructurales son altamente inflamables, por lo que se almacenarán en contenedores con las siguientes características:

- Revestimiento resistente al fuego (RF120).
- Puertas de cierre automático con cierre antipánico
- Iluminación estanca.

Las espumas estructurales son suministradas por el fabricante en planchas rectangulares. Éstas son llevadas a una empresa de mecanizado que se encarga de cortarlas con la forma adecuada para que únicamente haya que colocarlas sobre el molde.



Las piezas de espuma estructural son embaladas en cajas de cartón según pertenezcan a una de las conchas o una de las vigas.

Las espumas estructurales de una concha se embalan en dos cajas de cartón de 2.200 mm x 1.200 mm x 1.200 mm. Se necesitarán 4 contenedores de 40 pies para las espumas



estructurales de las conchas, 2 para cada una, ya que caben 20 cajas de estas dimensiones en un contenedor.

Las espumas de una viga se almacenan en una caja de 1.200 mm x 1.000 x 1.200 mm. En un contenedor de 20 pies caben 20 cajas de estas dimensiones. Por lo tanto harán falta dos contenedores de 20 pies cada uno, uno para las espumas de la viga I y otro para las de la viga II.

Así pues se necesitan los siguientes contenedores para espumas estructurales:

- 2 contenedores de 40 pies para las espumas de la concha I.
- 2 contenedores de 40 pies para las espumas de la concha II.
- 1 contenedores de 20 pies para las espumas de la viga I.
- 1 contenedores de 20 pies para las espumas de la viga II.



2.5.1.3. OFICINAS

Todas las oficinas y áreas de trabajo adicionales a la zona de fabricación estarán albergadas en módulos prefabricados con dimensiones de contenedor de 40 pies. Estos módulos prefabricados estarán equipados con iluminación, tomas de corriente y climatización. Únicamente será necesario conectarlos a la red eléctrica de la planta una vez sean colocados en el lugar que les corresponde.

La planta de fabricación contará con los siguientes módulos de este tipo: oficina, recepción y sala de reuniones, sala de descanso, enfermería y laboratorio,





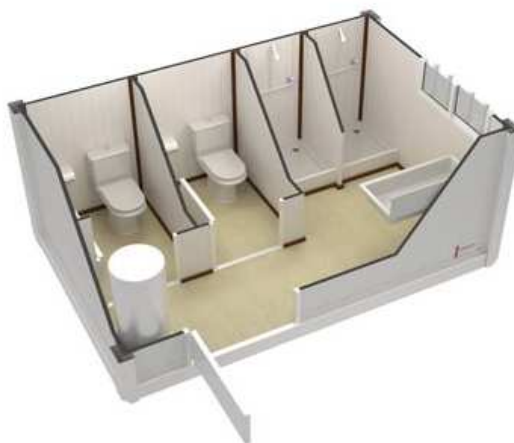
2.5.1.4. VESTUARIOS Y ASEOS

De los 76 trabajadores de la planta los únicos que no necesitarán vestuarios serán los 6 que componen el staff. 69 personas necesitarán cambiarse de ropa y, si es que así lo desean, ducharse.

Las 69 personas se repartirán en 3 turnos de 23 personas cada uno. Por lo tanto, el número máximo de personas que utilizará el vestuario simultáneamente será de 23. Se supone también que la plantilla estará formada por hombres y mujeres; la planta dispondrá de dos zonas de vestuarios.

Los vestuarios serán dos módulos prefabricados acondicionados. También habrá dos módulos con aseos y retretes, cada uno de ellos preparado para hombres, mujeres y minusválidos.

Estos módulos prefabricados estarán equipados con iluminación, tomas de corriente y climatización. Únicamente será necesario conectarlos a la red eléctrica y de saneamiento de la planta una vez sean colocados en el lugar que les corresponde.



**2.5.2. LAY-OUT**

En el plano de Lay-Out adjunto se puede ver la distribución en planta de la nave industrial. El reparto de superficies total se presenta en la siguiente tabla:

DISTRIBUCIÓN DE ESPACIOS				
DEPENDENCIA	CONTENEDOR	SUPERFICIE (m²)	Nº CONTENEDORES	SUPERFICIE TOTAL (m²)
Zona de fabricación	Nave modular	4050	-	4.050
Almacén de fibra de vidrio	Contenedor 40'	28,28	9	254,52
Almacén de espumas	Contenedor 40' (RF)	28,28	4	113,12
	Contenedor 20' (RF)	13,87	2	27,74
Almacén de tornillos	Contenedor 20'	13,87	1	13,87
Almacén consumibles	Contenedor 40'	28,28	1	28,28
Almacén de químicos	Contenedor 40' (RF+APQ)	26,4	4	105,6
	Contenedor 20 (RF+APQ)	11,75	2	23,5
Mantenimiento	Contenedor 20'	13,87	1	13,87
Oficina	Modular 40'	28,28	1	28,28
Laboratorio de calidad	Modular 40'	14,14	1	14,14
Enfermería		14,14		14,14
Vestuarios	Modular 40'	28,28	2	56,56
Sala de Descanso	Modular 40'	28,28	1	28,28
Recepción	Modular 40'	28,28	1	28,28
Aseos	Modular 40'	28,28	2	56,56
Total				4856,74



2.5.3. NAVE INDUSTRIAL

2.5.3.1. ESTRUCTURA Y CERRAMIENTOS

ESTRUCTURA

Toda la estructura y piezas de unión son de acero galvanizado (S390 - Z275). Es del tipo cercha a dos vertientes (inclinación cubierta 10°), siendo toda ella enteramente atornillada con pernos de acero de alta resistencia (8.8) galvanizados. Tanto la estructura primaria (pórticos) como secundaria (pórticos extremos y correas), están construidas con perfiles estructurales en acero conformados en frío, según normas de fabricación EN 29002-1987, BS 5750PART 2-1987.

- Pórticos principales: construidos con dobles perfiles laterales en Sigma 320 mm y cercha formada por perfiles C160 y C130 (altura del alma 1100mm). La distancia entre pilares será de 5 m.
- Arriostriamiento: mediante Cruz de San Andrés, con barras tensoras de roscas inversas galvanizadas.
- Pórticos extremos: construidos con perfil Sigma 320 mm.
- Correas: en perfil Z 120 x 50 mm. Distancia entre correas: $\pm 1,5$ m.

Se contemplan sobrecargas según norma de edificación para acero DB-SE.A /Eurocódigo: Nieve 30 kg/m^2 , Viento = 50 kg/m^2 (100 km/h o 27,7 m/s).

REVESTIMIENTO DE CUBIERTA

Cubierta en chapa galvanizada (Z275) termolacada y grecada de perfil trapezoidal (profundidad de onda 45 mm) de espesor 0,63 mm según la norma de fabricación NFP 34301. Con tratamiento protector Silicona Poliéster (10 mm en el interior / 25 mm en el exterior) según norma NFP. Color estándar: interior-exterior blanco (\pm RAL 9002).

Las placas son fijadas a las correas mediante tornillos con cabeza plástica en el color de la chapa.

Aislamiento con manta de lana de vidrio de espesor de 80 mm, con armadura de poliéster y acabado de alu-vinilo de color blanco como barrera anti vapor. Coeficiente R ($\text{m}^2\text{K/W}$) = 2.

REVESTIMIENTO DE FACHADA

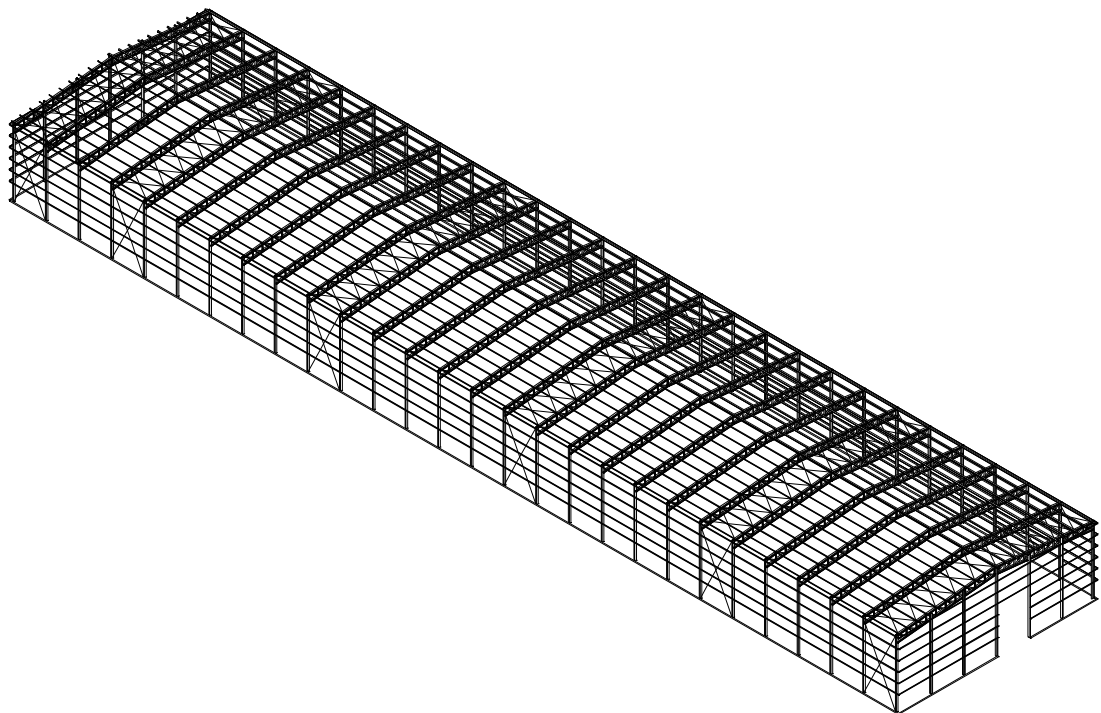
Revestimiento de las paredes verticales de la nave mediante panel sándwich (8000 x 750 x 90 x 0,75 mm) en acero galvanizado (Z275) y termolacado, ancladas a la estructura principal mediante tornillos con cabeza plástica en el color de la chapa.



Relleno con manta de lana de vidrio de 70 mm de espesor. Coeficiente R ($\text{m}^2\text{K/W}$) =1,92.

REMATES

Canalones y todos los remates necesarios, como cumbrera, coronación, esquinas, vierteaguas, etc. en acero galvanizado termolacado. Bajantes pluviales en PVC y remates de ocultación de bajantes en acero galvanizado y termolacado del color de la chapa.





2.5.3.2. SUELO

El suelo será un conjunto de tarimas modulares de alta resistencia montadas sobre el terreno. Certificado para cargas de hasta 1.300 kg/m^2 . Se estiman necesarias 1.600 tarimas de $2 \text{ m} \times 1 \text{ m}$.

Las tarimas están formadas por un marco de aluminio, un panel de madera y unas patas telescópicas regulables milímetro a milímetro.



MARCO

Fuerte marco de aluminio de gran capacidad de carga con perfil de diseño especial de 110 mm de canto y 3,5 mm de espesor (Aleación: EN-AW 6082 T6).

El perfil, con diseño de doble guía continua, garantiza una rápida y fácil unión de tarimas entre sí y permite una fácil y rápida fijación de una gran variedad de accesorios (pasamanos, escaleras de acceso, faldones, revestimientos).

La estructura del marco se fija al tablero de abedul antideslizante mediante tornillos inoxidables de 4,5x40 mm colocados cada 25 cm; evitando posibles ruidos y vibraciones.

TABLERO

Las tarimas están equipadas con un panel de 21 mm de espesor contrachapado 100 % madera de Abedul (WBP), compuesto por 15 capas encoladas con resina fenólica resistente a la intemperie y al agua.

El tablero utilizado está especialmente diseñado para aquellas aplicaciones en las que se requiere propiedades antideslizantes junto con una gran resistencia al desgaste. La



construcción a base de múltiples capas y la dureza del abedul garantiza que el tablero sea muy compacto y resistente.

El panel está sometido a tratamientos ignífugos e hidrófugos así como a tratamientos contra los productos químicos comúnmente usados. Estas características garantizan la más alta resistencia y durabilidad tanto para aplicaciones en exteriores como en interiores.

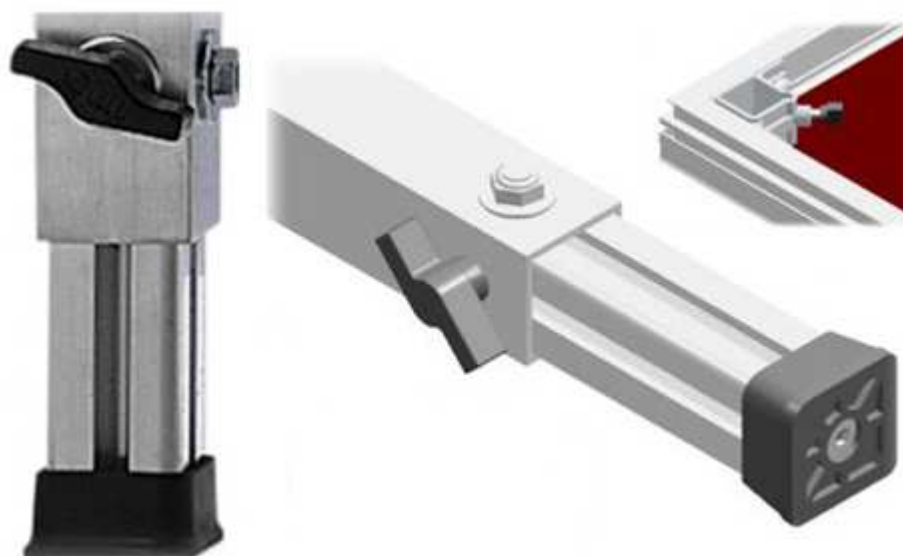
Para hacer este panel más seguro y duradero, todos sus bordes están sellados con pintura acrílica (según BFU 100) evitando la penetración de humedades.

PATAS

Patas fabricadas en aluminio de alta resistencia (Aleación: EN-AW 6082 T6 según norma UNE-EN573) compuestas por dos perfiles reforzados con terminales inyectados en goma antideslizante:

- Perfil exterior de 60 x 60 mm con 3 mm de espesor.
- Perfil interior de 52,5 x 52,5 mm con 3,5 mm de espesor.

Su sistema telescópico permite obtener múltiples alturas con un solo juego de patas (regulación milímetro a milímetro), salvando posibles desniveles (escaleras, rampas...). La altura de las patas se fija mediante un doble cierre de seguridad; con un pomo de presión metálico se ajusta y se fija la altura deseada, y como medida adicional de seguridad las patas se bloquean mediante tuerca de M10 asegurando de esta manera una fijación total de la altura.





BARANDILLAS

En las zonas elevadas se instalarán barandillas de seguridad. Están diseñadas con una barra transversal de refuerzo y fabricadas en acero con acabado en pintura epoxi para una máxima durabilidad.



ESCALERAS

Para subir y bajar de la zona de fabricación de conchas se instalarán escaleras modulares fabricadas en acero (ST37-2 según normativa DIN 2393) con acabado en pintura gris antracita y con los peldaños del mismo material que el tablero de la tarima.



**2.5.3.3. CIMENTACIÓN**

En el plano de cimentación adjunto se muestran las dimensiones de zapatas, vigas, zunchos y bancadas de hormigón así como los detalles de armado de las mismas.

Tanto la cimentación de la nave como los carriles de los pórticos grúa se han reflejado en el plano según las especificaciones del fabricante de los mismos.

Las bancadas para la maquinaria se han estimado de un espesor de 40 cm y de dimensiones en planta de tal forma que sean 25 cm mayores, en todas las direcciones, que la máquina que soportan. El armado de éstas se ha considerado con barras corrugadas de diámetro 10 mm cada 15 cm en las dos direcciones principales, tanto en la parte inferior como en la superior.

Suponiendo una capacidad portante del terreno de $2,5 \text{ kg/cm}^2$, se ha comprobado que tienen la superficie suficiente para distribuir correctamente la carga que soportan sobre el suelo.

El valor de la tensión se obtiene dividiendo la carga más el peso de la bancada de hormigón (2.400 kg/m^3) entre la superficie de apoyo en el terreno. Para los cálculos que se presentan a continuación se ha aplicado un coeficiente de seguridad de 2 a las cargas. Como se puede comprobar todas las tensiones son inferiores a $2,5 \text{ kg/cm}^2$.

	TENSIONES BANCADAS				
	CARGA (kg)	DIMENSIONES ZAPATA (m)			TENSION (kg/cm ²)
		Ancho	Largo	Espesor	
Apoyo Fresadora	24.420	2,90	2,90	0,40	0,68
Apoyo Pala 1	9.420	4,30	2,00	0,40	0,32
Apoyo Pala 2	9.420	3,08	1,38	0,40	0,54
Apoyo Molde 1	21.730	0,62	125,00	0,40	0,15
Apoyo Molde2	43.463	0,62	125,00	0,40	0,21

El apoyo fresadora debe soportar el peso de la fresadora y de media pala, cuando ésta se acopla a la fresa para voltearla.

Los apoyos de pala deben soportar el peso de media pala cada uno.

El apoyo molde 1 debe soportar el peso de media pala y medio molde de conchas. En cambio el apoyo molde 2 debe soportar el peso de una pala completa y de las dos mitades del molde de conchas cuando se cierra éste para el curado de la pala.



2.6. DIMENSIONADO DE INSTALACIONES

2.6.1. SANEAMIENTO

Para el saneamiento de aguas fecales de la nave se instalarán tuberías de PVC enterradas desde los módulos prefabricados sanitarios hasta la fosa séptica.

La fosa estará prefabricada en poliéster reforzado con fibra de vidrio. Se enterrará en las inmediaciones de la planta de fabricación. Una vez halla finalizado la actividad de la planta se desenterrará, se limpiará y se transportará al nuevo emplazamiento junto con el resto de la nave.



La fosa séptica cuenta con dos compartimentos. Las aguas residuales entraran en el primer compartimiento donde las materias mas pesadas se situarán por su peso en la parte inferior del depósito y las mas ligeras flotando encima del nivel del agua. El agua pasará hacia el segundo compartimiento mediante unos orificios en la parte central del tabique que separa los dos compartimentos, asegurando así que las materias decantadas en el primer compartimiento no puedan pasar al siguiente. En éste se realizará el mismo proceso pero en menor cuantía.

Las aguas tratadas se evacuarán mediante un tubo desde la parte central del depósito para impedir la evacuación de los sólidos pesados y ligeros. En los dos compartimentos se efectuará una degradación anaeróbica de la materia orgánica.



2.6.2. ILUMINACIÓN

2.6.2.1. ALUMBRADO DE LA ZONA DE FABRICACIÓN

Para el cálculo de esta instalación, se emplea la ecuación:

$$\phi = \frac{E \times S_L}{K}$$

Siendo:

ϕ = flujo luminoso total necesario en lúmenes.

K = factor de transmisión.

S_L = superficie en planta del edificio.

E = iluminación deseada en lux.

El factor de transmisión se obtiene de la expresión:

$$K = CU \times CC$$

Donde:

CU = rendimiento de iluminación. Depende del índice del local (k) y del índice de reflexión (ρ).

CC = coeficiente de conservación o mantenimiento. Depende del grado de suciedad ambiental y de la frecuencia de limpieza del local.

Para conocer el valor de CU, hay que calcular el índice del local (K); para ello, lo primero es calcular la altura a la que se colocan las luminarias.

Las luminarias se colgarán de la estructura de la nave. La cercha de la nave es inclinada a dos aguas, de forma que las luminarias estarán colgadas desde la cota 9 m hasta 10,5 m sobre el suelo. Se supone para el cálculo que todas las luminarias estarán colgadas en el mismo plano que será la media entre 9 y 10,5 m, es decir a 9,75 sobre el suelo.

La altura h, desde el plano de trabajo a la altura de las luminarias será de:

$$h = 9,75 - 0,85 \text{ m} = 8,9 \text{ m}$$

A continuación se calcula el índice del local:

$$k = \frac{a \times b}{h \times (a + b)}$$



Siendo:

a = ancho.

b = largo.

h = altura de las luminarias desde el plano de trabajo.

$$k = \frac{30 \times 135}{8,9 \times (30 + 135)} = 2,75$$

El coeficiente de reflexión del techo, paredes y suelo está tabulado para los diferentes tipos de materiales, superficies y acabados. En nuestro caso el techo ($\rho = 0,7$) y las paredes ($\rho = 0,5$) serán claras. El suelo será oscuro ($\rho = 0,1$).

A continuación se determina el valor de CU a partir de k y ρ . Se trata de valores tabulados en función del tipo de luminaria. En nuestro caso el valor es de 0,765.



El coeficiente de conservación o mantenimiento (CC) de la instalación será, considerando por lo menos una limpieza anual y un ambiente limpio, de 0,8.

Para zonas de donde se ejecutan tareas con exigencias visuales altas se requiere un nivel de iluminación de 500 lux.

Por tanto tendremos que:



$$\phi = \frac{E \times S_L}{K} = \frac{500 \times 30 \times 135}{0,765 \times 0,8} = 3.308.825 \text{ lúmenes}$$

Se calcula el número de luminarias necesarias dividiendo el flujo luminoso total entre el valor del flujo luminoso nominal de cada luminaria. El valor obtenido se redondea por exceso.



La elección de las lámparas se hace en base a las necesidades y a la actividad de la zona. En este caso se opta por unas lámparas de vapor de sodio a alta presión que emiten un flujo lumínico de 27.000 lúmenes y consumen 250 W cada una.

El número mínimo de luminarias necesarias será de 123 unidades. Puesto que la nave tiene 26 pórticos habrá 5 luminarias colgadas en cada pórtico haciendo un total de 130 luminarias.

La potencia eléctrica instalada en la zona de fabricación será de 32,5 kW.

2.6.2.2. ALUMBRADO EXTERIOR

Las lámparas exteriores se colocan a una altura de 8 m, por lo que la potencia lumínica de éstas es de 14.000 lúmenes. La iluminación exterior está formada por 22 lámparas de vapor de Hg de 250 W.

Se ha calculado el número de luminarias necesarias de la siguiente forma:

$$\phi = \frac{E \times S_L}{\mu_u k_d k_m} = \frac{10 \times 25 \times 135}{0,45 \times 0,8 \times 0,75} = 125.000 \text{ lúmenes}$$

Siendo:



Φ = flujo luminoso total necesario en lúmenes.

S_L = superficie en planta a iluminar.

E = iluminación deseada en lux.

μ_u = coeficiente de utilización.

k_d = coeficiente de depreciación de las fuentes luminosas.

k_m = coeficiente de conservación.

$$n^o = \frac{\Phi}{14.000} = 8,9$$

$$\text{separación entre luminarias} = \frac{135}{9} = 15 \text{ m}$$

La potencia eléctrica instalada en el exterior será de 5,5 kW.

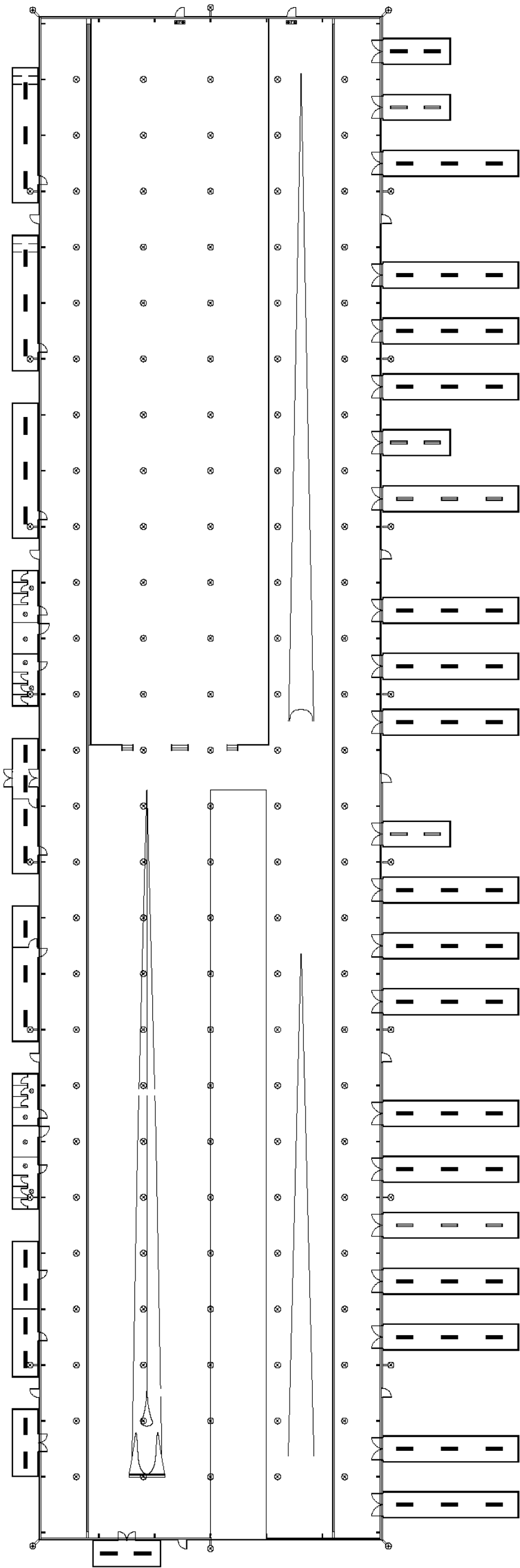
2.6.2.3. ALUMBRADO DE ALMACENES Y MODULOS PREFABRICADOS

En los contenedores de almacenamiento de 40 pies habrá instaladas 3 luminarias con dos tubos fluorescentes de 36 W cada uno. Los contenedores de 20 pies tendrán 2 luminarias de este tipo. Por tanto la potencia en iluminación de almacenes será de:

$$P = (18 \times 3 \times 2 \times 36) + (6 \times 2 \times 3 \times 36) = 3.888 + 1.296 = 5.184 \text{ W} = 5,2 \text{ kW}$$

En los módulos prefabricados habrá un total de 20 luminarias con 2 tubos fluorescentes de 36 W cada uno. En los módulos de aseo en lugar de luminarias fluorescentes habrá 5 plafones de 75 W cada uno. El total de potencia de iluminación en módulos prefabricados será de:

$$P = (20 \times 2 \times 36) + (2 \times 5 \times 75) = 1.440 + 750 = 2.190 \text{ W} = 2,2 \text{ kW}$$



SIMBOLÓGIA:

- ⊗ VAPOR Hg 250 W (EXTERIORES)
- ⊗ SODIO A ALTA PRESIÓN 250 W
- FLUORESCENTE 2x36 W
- ⊗ PLAFÓN 75 W



2.6.3. CLIMATIZACIÓN

Para llevar a cabo de forma correcta el proceso de fabricación de la pala del aerogenerador las condiciones ambientales de la instalación industrial deben estar dentro de un rango de temperatura y humedad.

La temperatura debe de estar comprendida entre 22° y 25° C. La humedad relativa debe mantenerse entre 50 y 60 %.

El sistema de climatización lo forman dos unidades de tratamiento de aire o climatizadores. Son los equipos encargados de transmitir la energía del agua fría y caliente, proveniente de las 6 bombas de calor, a los espacios a climatizar. Estas unidades se encargan además de la renovación y filtración del aire, así como de la recuperación energética y control de humedad.



La potencia calorífica y frigorífica de las bombas de calor son, respectivamente, 17,4 kW y 28 kW.



Para la distribución del aire en la nave se ha considerado un volumen a climatizar correspondiente a los 3-4 primeros metros de altura de la nave, ya que este es el espacio donde realmente va a centrarse la actividad del proceso y del personal.

Se ha optado por un sistema que no interfiera en el proceso, dispuesto perimetralmente en la nave sin obstaculizar recorridos de montaje ni puentes grúa. Se trata de impulsar el



aire climatizado en ambos laterales de la nave mediante toberas orientables a una altura de 3,5 m. (orientadas hacia arriba en verano y hacia abajo en invierno). Éstas permiten llegar al aire a larga distancia, asegurando barrer toda el área de trabajo. Se han previsto los retornos en la parte baja de la nave para asegurar correctos barridos, especialmente en calefacción. De no disponer así estas extracciones, el calor podría “fugarse” a la parte alta de la nave, pero de esta forma se obliga al aire climatizado a seguir el recorrido de área de confort establecida.

En la puerta de salida de palas se instalará un sistema de cortinas de aire horizontal para evitar que cuando se abra se pierda toda la climatización de la nave.



En el anexo IV se adjuntan los cálculos justificativos proporcionados por una ingeniería especializada en el cálculo de instalaciones de climatización. En el presupuesto se detallan los elementos que componen la instalación y el precio de los mismos.

Los cálculos se han realizado para una nave industrial ubicada en Pamplona, pero el carácter modular de los climatizadores permite el aumento o disminución de la potencia instalada con gran facilidad. Para cada emplazamiento habrá que realizar un cálculo de la instalación de climatización.

Las potencias eléctricas consumidas por el sistema de climatización son:

- Bombas de calor: $7,7 \times 6 = 46 \text{ kW}$
- Ventilador retorno climatizador: $1,7 \times 2 = 3,4 \text{ kW}$
- Ventilador impulsión climatizador = $2,4 \times 2 = 4,8 \text{ kW}$
- Ventiladores renovación nave cruzada: $2 \times 4 = 8 \text{ kW}$
- Cortinas de aire: $1,44 \times 4 = 5,76 \text{ kW}$

La potencia instala total de climatización de la nave es de unos 68 kW.



CLIMATIZACIÓN DE ALMACENES Y MODULOS:

Los módulos prefabricados y almacenes de resinas y catalizadores dispondrán de climatización independiente. En total serán 12 contenedores de 40 pies y 2 de 20 pies.

La potencia instalada total en los contenedores será de 6,15 kW en los módulos y de 3,85 kW en los almacenes climatizados. Esto hace un total de 10 kW de climatización.

**2.6.4. INSTALACIÓN NEUMÁTICA**

Los principales elementos de consumo de aire a presión son las lijadoras orbitales y las plataformas elevadoras que se utilizan en la zona de acabados de la pala.

En la siguiente tabla se recoge el consumo total de aire a presión:

CONSUMO AIRE				
	Nº	Presión (bar)	Caudal (m³/h)	Caudal Total (m³/h)
Lijadora	8	6	13,2	105,6
Elevador	6	6	21	126
Total				231,6

Los principales elementos de la instalación son:

- Compresor.
- Secador frigorífico.



Este conjunto tiene unas dimensiones de 1.800 mm x 710 mm x 1170 mm y un peso de 500 kg. Suministra un caudal máximo de 249 m³/h a una presión de 6 bares. El equipo tiene una potencia de 30 kW (40 cv).

- Calderín: se instalará uno de 720 l para almacenar el aire comprimido seco.

La instalación se completará con los filtros, reguladores, válvulas y conducciones necesarias para llevar el aire comprimido desde la zona de producción hasta el punto de consumo.

El sistema de producción y tratamiento de aire comprimido estará dentro de un contenedor de 20 pies, el mismo que contendrá la sección de mantenimiento de la planta.

**2.6.5. INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

La electricidad se obtendrá de generadores de gasoil. Se presupone que en las zonas donde se van a fabricar las palas no se dispone de una acometida eléctrica cercana. Los generadores serán trifásicos,

El cuadro principal de la instalación estará dentro de un contenedor marítimo de 20 pies. El contenedor estará ubicado en las proximidades de la nave industrial, y dotado con enchufes de conexión para acoplarlo a los grupos generadores por un lado y a las cargas eléctricas de la nave por el otro.

El cableado de la instalación irá por debajo de las tarimas que forman el suelo de la nave.

Las cargas eléctricas de la nave son las siguientes:

POTENCIA INSTALADA	
Carga	Potencia (kW)
Pórticos Grúa	50
Molde Conchas	367,5
Molde Viga I	48
Molde Viga II	27
Aplicadoras de Gel-coat	4,4
Aplicadora Adhesivo	22
Máquina de Infusión	76,8
Fresadora	30
Iluminación de la Nave	32,5
Iluminación Exterior	5,5
Iluminación Módulos Prefabricados	2,2
Climatización Módulos Prefabricados	6,15
Iluminación Almacenes de Materia Prima	5,2
Climatización Almacenes de Materia Prima	3,85
Compresor de Aire	30
Climatización de la Nave	68
Grupo presión incendios	6,4
TOTAL =	785,5

DIMENSIONADO DEL GRUPO ELECTRÓGENO:

De las cargas que hay instaladas en la nave jamás coincidirán funcionando al mismo tiempo el molde de conchas con los moldes de vigas I y II. El grupo de presión de incendios tampoco funcionará simultáneamente con nada, ya que en caso de incendio se paraliza la actividad en la planta. Las luces de los almacenes tampoco se consideran puesto



que siempre estarán apagadas, salvo cuando se acceda para reponer de materias primas los puestos de fabricación.

Se estima por lo tanto que la demanda simultánea máxima de potencia podría llegar a ser de:

$$P = 785,5 - 48 - 27 - 6,4 - 5,2 = 698,9 \text{ kW}$$

La potencia de suministro mínima del grupo electrógeno debe ser de 700 kW. Puesto que ante una avería del grupo no debe parar el funcionamiento normal de la planta se deberá duplicar la instalación de generación de electricidad. Además así conseguimos que los grupos trabajen normalmente a un régimen medio, aumentando la vida útil y disminuyendo el consumo de gasoil.

Se instalarán por lo tanto dos grupos electrógenos de potencia nominal trifásica de 800 kVA (640 kW), intensidad nominal 1.115 A a 400V.

El tamaño de cada generador es el de un contenedor marítimo de 20 pies.





2.6.6. AGUA

La Organización Mundial de la Salud (OMS) considera que la cantidad adecuada de agua para consumo humano (beber, cocinar, higiene personal y limpieza del hogar) es de 50 l/habitante-día.

Puesto que el proceso de fabricación de palas no requiere en ningún momento la utilización de agua, se puede aproximar el consumo ordinario de agua de la instalación industrial al que hacen los operarios para beber e higiene personal. Así pues se estima que el consumo de la planta de fabricación será de unos 50 l/operario-día. Como el número máximo de operarios que ocupan la nave es de unos 30 en todo momento tendremos que el consumo de agua por día es:

$$V_1 = 50 \times 30 = 1.500 \text{ l/día}$$

Por otro lado es necesario disponer en todo momento de un volumen de agua que garantice el funcionamiento de las dos bocas de incendio hidráulicamente más desfavorables durante una hora a razón de 1,6 litros por segundo tal y como exige la ITC MIE APQ-1 para salas de almacenamiento anejas. Se necesitarán entonces:

$$V_2 = 2 \times 1,6 \times 3.600 = 11.520 \text{ l}$$



El deposito de agua será un contenedor cisterna ISO de 20 pies con capacidad para 27.000 l. Estará compartimentado en dos zonas independientes, una de 12.000 l y otra de 15.000 l. Se reservarán los 12.000 l para el suministro de la instalación contra incendios y el resto para el consumo de agua potable de la instalación industrial.

Será necesario que un camión cisterna reponga los 15.000 l cada 10 días laborables aproximadamente.

**2.6.7. GASOIL**

Para dimensionar las cisternas necesarias para el almacenamiento del combustible de los generadores deberemos conocer la energía consumida aproximada para producir una pala. En el siguiente cuadro se muestra la estimación:

ENERGÍA CONSUMIDA			
Carga	Potencia (kW)	Tiempo (h)	Energía Estimada (kWh)
Pórticos Grúa	50	6	300
Molde Conchas	367,5	8	2940
Molde Viga I	48	2	96
Molde Viga II	27	2	54
Aplicadoras de Gel-coat	4,4	1	4,4
Aplicadora Adhesivo	22	1	22
Máquina de Infusión	76,8	7,5	576
Fresadora	30	5,25	157,5
Iluminación de la Nave	32,5	24	780
Iluminación Exterior	5,5	10	55
Iluminación Módulos Prefabricados	2,2	12	26,4
Climatización Módulos Prefabricados	6,15	12	73,8
Iluminación Almacenes de Materia Prima	5,2	6	31,2
Climatización Almacenes de Materia Prima	3,85	24	92,4
Compresor de Aire	30	9,5	285
Climatización de la Nave	68	24	1632
Grupo presión incendios	6,4	0	0
TOTAL			7125,7

El consumo de gasoil de los generadores eléctricos a máxima potencia por hora es de 155,8 l/h. Por lo tanto, se consumen aproximadamente 155,8 l para obtener 640 kWh. Para obtener la energía que se consume, suponiendo que las climatizaciones funcionan a plena carga, en un día en la planta serán necesarios los siguientes litros de combustible:

$$V = \frac{155,8}{640} \times 7.125,7 = 1.735 \text{ l}$$

Se instalará un contenedor cisterna de 20 pies, con capacidad para 27.000 l de gasoil cerca de los generadores de electricidad.

Será necesario que un camión cisterna reponga los 27.000 l cada 15 días laborables aproximadamente.



2.7. PLANIFICACIÓN DE MONTAJE Y TRANSPORTE

2.7.1. PLANIFICACIÓN DE MONTAJE

La obra civil (accesos, acondicionamiento del terreno y cimentaciones) deberán estar finalizada para cuando lleguen los contenedores de material a la zona de montaje de la nave industrial.

La tarea de mayor duración que hay que realizar para la puesta en marcha de la planta es el montaje de la nave industrial. Concretamente, según el fabricante, se tardan 5 semanas en realizar esta tarea. La instalación de los almacenes y los módulos prefabricados se estima que puede realizarse en 1 semana. Por tanto, se puede concluir que el montaje de la nave industrial se realiza en 6 semanas.

Todas las demás tareas se realizan en menor tiempo. Es por este motivo que el tiempo de montaje de la nave prefabricada y contenedores anexos es el que condiciona el tiempo final de puesta en marcha de la planta.



En paralelo al montaje de la nave se debe proceder a la instalación de saneamientos, luminarias, red eléctrica, climatización, red neumática y equipamiento contra incendios.

Por último se monta el suelo de la planta. Antes de terminar es necesario que todas las instalaciones estén ya preparadas, ya que las conducciones van por debajo de la tarima industrial y no es posible pisarla con las plataformas elevadoras necesarias para el montaje de los conductos de climatización y luminarias.



El desembalaje, montaje y colocación de la maquinaria también se acometerá en paralelo con el montaje de la nave industrial. Una vez que se ha instalado la mitad del cerramiento se realizan estas tareas con la maquinaria de la zona de molde de conchas y del molde de la primera viga, que quedan resguardados en la parte de la nave ensamblada. Cuando se finaliza el montaje de los cerramientos se hace lo propio con el resto de maquinaria.

Una vez montada completamente la nave industrial deberá hacerse la puesta en marcha de la planta. Para ello se estima un periodo de 2 semanas en el que se hará limpieza, puesta a punto y calibración de la maquinaria para poder fabricar una primera pala.

Así pues, y como se puede ver más abajo se estima un periodo de 8 semanas (2 meses) para realizar la puesta en marcha de la planta móvil de fabricación de palas de aerogenerador. Más abajo se añade una planificación esquemática del montaje de la planta.

Se estima que el tiempo necesario para desmontar y embalar la planta es de 6 semanas. Sería el mismo tiempo que para el montaje, sin tener en cuenta el periodo de 2 semanas para la homologación.

El proceso de montaje y desmontaje de la planta de fabricación lo llevará a cabo personal cualificado para ello. Será un grupo de aproximadamente 53 personas que trabajará durante las 6 semanas que dura el proceso de montaje. Este mismo personal deberá volver otras 6 semanas una vez haya finalizado la construcción del parque eólico para desmontar y embalar la planta.

Este grupo de 53 personas estará compuesto 1 director de obra, 4 coordinadores de montaje, 8 jefes de equipo y 40 operarios.

Para el montaje de la nave será necesario disponer de 1 grúas de capacidad de carga mínima 2 Tn y plataformas elevadoras de 12 m de altura. Para el montaje de los pórticos grúa será necesario disponer de 2 autogrúas de 40 Tn durante un día y plataformas elevadoras de 8 m de altura durante 3 días.

Las tareas de ajustes específicos de maquinaria y la homologación del proceso la llevará a cabo el personal de fabricación de palas, que será el que se quede luego a producirlas en serie.

Para el montaje de la nave será necesario disponer de 1 grúas de capacidad de carga mínima 2 Tn y plataformas elevadoras de 12 m de altura. Para el montaje de los pórticos grúa será necesario disponer de 2 autogrúas de 40 Tn durante un día y plataformas elevadoras de 8 m de altura durante 3 días.



Id	Nombre de tarea	1							2							3							4							5							6							7							8							9						
		S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	V
1	Obra Civil																																																															
3																																																																
4	Montaje Planta Industrial Fabricación Palas																																																															
5																																																																
6	Montaje nave																																																															
7	Pórtico grúa 1																																																															
8	Pórtico grúa 2																																																															
9	Estructura metálica																																																															
10	Cubierta y cerramientos																																																															
11	Contenedoresde materia prima																																																															
12	Contenedoresmodulares prefabricados																																																															
13	Suelo																																																															
14	Montaje de patas y tarimas																																																															
15	Colocacion modulos																																																															
16	Nivelacion modulos																																																															
17																																																																
18	Instalaciones Auxiliares																																																															
19	Saneamiento																																																															
20	Red extinción de incendios																																																															
21	Instalación aire comprimido																																																															
22	Instalación eléctrica																																																															
23	Luminarias																																																															
24	Climatización																																																															
25																																																																
26	Instalación de Medios de Proceso																																																															
27	Molde de conchas																																																															
28	Molde viga I																																																															
29	Molde viga II																																																															
30	Máquina de taladrar y anillo de giro																																																															
31	Dispensadora (2) de Gelcoat																																																															
32	Dispensadora (4) de aplicación resina																																																															
33	Dispensadora pegamento (2)																																																															
34																																																																
35	Fabricación Pala Homologación proceso																																																															
36	Limpieza y Preparación de Maquinaria																																																															
37	Pruebas y Calibración de Maquinaria																																																															
38	Proceso de fabricación																																																															
39	Validación de Fases de Proceso																																																															
40	Homologación de Primera Pala																																																															

2.7.2. TRANSPORTE DE LA PLANTA

A continuación se calcula la cantidad de contenedores en los que se embala la nave y, por lo tanto, serán necesarios transportar de un lugar a otro cuando se cambie la ubicación de la planta.

Las medidas internas de los contenedores para transporte marítimo, tal y como ya se ha comentado, tienen las siguientes dimensiones interiores:

- 20 pies: 5.898 mm x 2.352 mm x 2.393 mm (13,87 m²)
- 40 pies: 12.025 mm x 2.352 mm x 2.393 mm (28,28 m²)



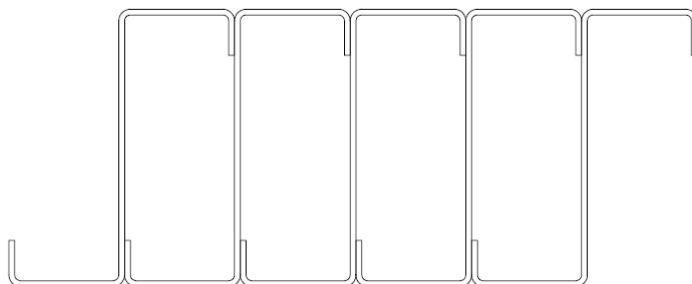
ESTRUCTURA DE LA NAVE

Correas:

Las correas son perfiles Z120x50 de longitud 12 m. En la nave hay colocados un total de 36 correas de 135 m y 14 correas de 30 m. El número de tramos de 12 m aproximado es:

$$n = \frac{(36 \times 135) + (14 \times 30)}{12} = \frac{4.860 + 420}{12} = 440 \text{ perfiles de } 12 \text{ m}$$

En un contenedor de 40 pies caben en planta 46 correas Z120x50 de 12 m. Las 440 correas las apilaremos en (440/46) 10 alturas; lo que hará una altura de 1,2 m; es decir, caben en un contenedor de 40 pies.

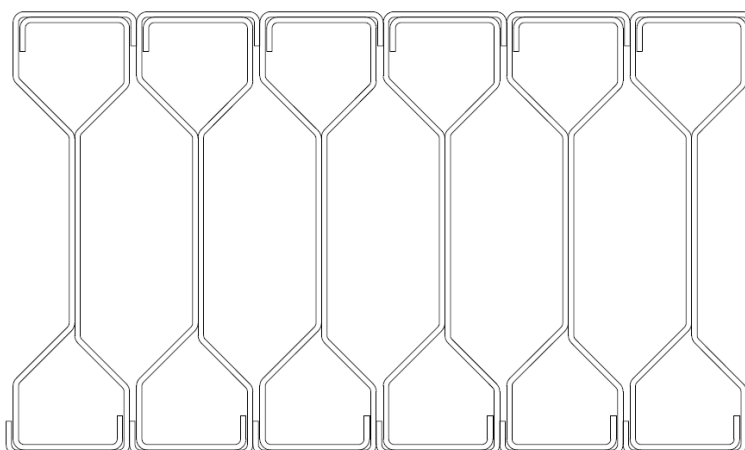


El peso aproximado de todas las correas es de unas 25 Tn. Puesto que la capacidad de carga máxima de un contenedor de 40 pies es de 28.750 kg se confirma que en un contenedor se transportan todas las correas de la nave.

Pilares:

Cada pilar está formado por dos perfiles Sigma320 solapados uno con otro. Las dimensiones del perfil son 90 mm x 320 mm. Los pilares laterales tienen una altura de 10 m, y los de las fachadas extremas nunca tendrán más de 12 m. La nave tiene 70 pilares.

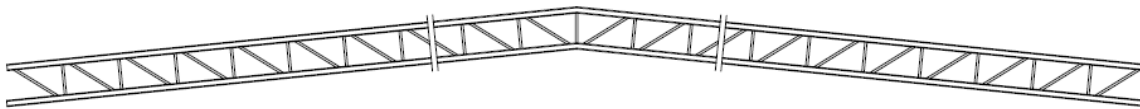
En un contenedor de 40 pies caben en planta 26 pilares. Los 70 pilares los apilaremos en (70/26) 3 alturas, lo que hará una altura total de 1 m aproximadamente, por lo que caben en un contenedor de 40 pies.



El peso aproximado de todas los pilares es de unas 22 Tn. Puesto que la capacidad de carga máxima de un contenedor de 40 pies es de 28.750 kg se confirma que en un contenedor se transportan todos los pilares de la nave.

**Cerchas:**

Las cerchas están construidas con perfiles C160 y C130, y una altura del alma de 1.100 mm. La nave tiene 28 pórticos, por lo que tendrá también 28 cerchas.



Se transportarán divididas en tres partes. Habrá dos tramos simétricos de 11,3 m de largo, altura de alma 1,1 m y profundidad 25 cm y un tramo que, de cara al transporte, ocupará 7,6 m de largo por 1,5 m de alto y profundidad de 25 cm. Por tanto hay que transportar 28 tramos de coronación y 56 tramos de 11,3 m de largo.

En un contenedor de 40 pies caben en planta 2 piezas de 11,3 m de largo por 1,1 m de ancho y 25 cm de canto. Se pueden hacer 9 alturas de 25 cm en un contenedor de 40 pies, por lo que se pueden transportar un máximo de 18 unidades en un contenedor. Se necesitará un mínimo de contenedores:

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{56}{18} = 3,1 = 4 \text{ contenedores de 40 pies}$$

El conjunto de piezas largas pesa alrededor de 25 Tn, por lo que se puede transportar perfectamente en los 4 contenedores.

A lo ancho del contenedor caben 9 ($2,352/0,25$) unidades de piezas de coronación, ocupando una altura de 1,5 m. En el resto de altura se pueden meter 3 piezas más. Por lo tanto en un contenedor de 40 pies caben como máximo 12 piezas. Se necesitará un mínimo de contenedores:

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{28}{12} = 2,3 = 3 \text{ contenedores de 40 pies}$$

Resumiendo, se necesitarán los siguientes contenedores para transportar la estructura de la nave industrial:

- Correas: **1 contenedor de 40 pies.**
- Pilares: **1 contenedor de 40 pies.**
- Cerchas: **7 contenedores de 40 pies.**

La tornillería y resto de piezas necesarias para realizar el ensamblaje de la nave se transportarán en los contenedores que no están completamente llenos.



CERRAMIENTOS DE FACHADA

Los paneles sándwich comerciales tienen una anchura de 1 m y una longitud a medida.

La fachada larga tiene 135 m de longitud y 10 m de altura y la corta 30 m de longitud por 10 m de altura. El espesor del panel es de 90 mm. Para cubrir una de las dos fachadas largas se colocarán 135 paneles de 1 m de ancho y 10 m de altura; y para una corta 30 paneles de 1 m de ancho y longitud variable en función de la posición que ocupe el panel en la fachada.

En cualquier caso, la longitud de los paneles de la fachada corta nunca será mayor de 12 m puesto que la altura máxima de la nave es 11,8 m. El número total de paneles es:

$$n^{\circ} \text{ paneles} = (135 + 30) \times 2 = 330 \text{ paneles}$$

En un contenedor de 40 pies caben en planta 2 paneles por altura y se pueden apilar el siguiente número de paneles:

$$n^{\circ} \text{ alturas} = \frac{2,393}{0,09} = 26,58 = 26 \text{ alturas}$$

El número total de paneles que caben en un contenedor y contenedores necesarios serán:

$$\text{capacidad} = 2 \times 26 = 52 \text{ paneles/contenedor}$$

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{330}{52} = 6,34 = \mathbf{7 \text{ contenedores de 40 pies}}$$

CUBIERTA

Los paneles sándwich comerciales tienen una anchura de 1 m y una longitud a medida.

La cubierta tiene dos alas de 135 m de longitud y 15,5 metros de ancho. El espesor del panel de cubierta es 45 mm. El ala de la cubierta se cubrirá con 270 paneles de 7,75 m de longitud y un metro de ancho. El número total de paneles es:

$$n^{\circ} \text{ paneles} = 270 \times 2 = 540 \text{ paneles}$$

En un contenedor de 40 pies caben en planta 2 paneles por altura y se pueden apilar el siguiente número de paneles:



$$n^{\circ} \text{ alturas} = \frac{2,393}{0,045} = 53,17 = 53 \text{ alturas}$$

El número total de paneles que caben en un contenedor y contenedores necesarios serán:

$$\text{capacidad} = 2 \times 53 = 106 \text{ paneles/contenedor}$$

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{540}{106} = 5,09 = \mathbf{5 \text{ contenedores de 40 pies}}$$

TARIMA

El suelo de la nave está formado por 1.600 tarimas de 1 m de ancho por 2 m de largo. El espesor de una tarima es de 0,11 m.

En un contenedor de 40 pies caben en planta 12 tarimas por altura y se pueden apilar el siguiente número de paneles:

$$n^{\circ} \text{ alturas} = \frac{2,393}{0,11} = 53,17 = 21 \text{ alturas}$$

El número total de tarimas que caben en un contenedor y contenedores necesarios serán:

$$\text{capacidad} = 12 \times 21 = 252 \text{ tarimas/contenedor}$$

$$n^{\circ} \text{ contenedores} = \frac{1600}{252} = 6,35 = \mathbf{7 \text{ contenedores de 40 pies}}$$

MÓDULOS PREFABRICADOS Y ALMACENES

Del capítulo 6 se obtiene que el número de contenedores que se deben de transportar entre módulos prefabricados y almacenes es:

26 contenedores de 40 pies

6 contenedores de 20 pies



FRESADORA Y APOYOS

Se estima que la fresadora tiene una base de 2,3 m x 2,3 m y 4 m de altura, por lo que cabe tumbada dentro del contenedor. El resto de espacio de un contenedor de 40 pies se utilizaría para el transporte del útil volteador de pala y el apoyo para fresado.

Por tanto se necesita **1 contenedor de 40 pies**.

MOLDE DE CONCHAS

El molde de conchas se transportará cerrado y en dos mitades. Serán dos transportes especiales, como el de una pala, que cubicarán:

$$T1 = 2 \times 1,8 \times 5,2 \times 31,5 = 590 \text{ m}^3$$

$$T2 = 2 \times 1,8 \times 3,8 \times 31,5 = 431 \text{ m}^3$$

$$T = 590 + 431 = 1.021 \text{ m}^3$$

Para el transporte de los útiles desbobinadores y el piecerío necesario para el montaje del molde se estima necesario **1 contenedor de 20 pies**.

MOLDES DE VIGAS

Igual que el molde de conchas, los moldes de vigas se transportarán en dos mitades cada uno. Se desmontarán las patas y útiles desbobinadores que irán en un contenedor de 20 pies, que irán en un contenedor marítimo de 20 pies. El cubicaje total de los moldes es:

$$T11 = 0,5 \times 2,8 \times 30 = 42 \text{ m}^3$$

$$T12 = 0,5 \times 1,7 \times 30 = 25,5 \text{ m}^3$$

$$T21 = 0,5 \times 2,2 \times 22,5 = 24,75 \text{ m}^3$$

$$T22 = 0,5 \times 1,4 \times 22,5 = 15,75 \text{ m}^3$$

$$T = 22 + 13 + 13 + 8 = 108 \text{ m}^3$$

Para el transporte de los útiles desbobinadores, las patas y el piecerío necesario para el montaje del molde se estima necesario **1 contenedor de 20 pies**.



MAQUINAS DE INYECCIÓN

Visto en planta la máquina de infusión mide 1,3 m x 1,85 m. Si metemos en el contenedor las cuatro máquinas nos ocuparán 1,85 m x 5,2 m.

La máquina de gel-coat mide 2,31 m x 1,226 m. Si metemos en el contenedor las dos máquinas ocuparán 2,31 x 4,45 m.

La máquina de adhesivo mide 1,1 m x 4,1 m. Si metemos en el contenedor las dos máquinas ocuparán 2,31 x 4,45 m.

Por lo tanto si las colocamos todas seguidas nos ocuparán:

$$5,2+4,45+4,1= 13,75 \text{ m}$$

Por lo tanto las 7 máquinas cabrían en un contenedor de 40 pies siempre y cuando se desmonten los brazos de 3 m de los aplicadores de gel-coat y de adhesivo. Como el espacio es muy justo se estiman 2 contenedores.

Serán necesarios **2 contenedores de 40 pies**.

PÓRTICOS GRUA

Los pórticos deberán desmontarse para poder transportarlos. Se separarán las patas y los carros de las vigas.



Las vigas se moverán como un transporte especial que cubicará 25 m de largo, 3 m de ancho y 1,5 m de alto; **112,5 m³** aproximadamente.

Las patas, carros y resto de componentes desmontados se tendrán que transportar almacenados dentro de **1 contenedor de 40 pies**.



LUMINARIAS

Las luminarias del interior de la nave tienen unas dimensiones de 0,545 m x 0,545 m x 0,383 m de alto. Se supone que se meten en cajas de 0,7 m x 0,7 m x 0,5 m. En la nave hay un total de 130 luminarias.

En un contenedor de 40 pies caben en planta 51 cajas de luminarias. Las alturas apilables de luminarias son:

$$n^{\circ} \text{ alturas} = \frac{2,393}{0,5} = 4,78 = 4 \text{ alturas}$$

Por lo tanto caben un total de 204 cajas para luminarias. Únicamente tenemos 130, por lo que se estima que el espacio restante se utilizará para luminarias exteriores y de emergencia así como cableado.

Para las luminarias será necesario transportar **1 contenedor de 40 pies**.

EQUIPO DE CLIMATIZACIÓN

Habrà que transportar los equipos principales, climatizadores y bombas de calor, y toda la red de distribución de aire.

Los climatizadores tienen unas dimensiones de 4,56 m de largo x 1,635 m de ancho x 2,21 m de alto. Las bombas de calor tienen unas dimensiones de 0,765 de largo x 0,930 m de ancho x 1,68 m de alto. Por lo tanto, en un contenedor de 40 pies caben perfectamente estos equipos. El espacio sobrante del contenedor se utilizará para transportar los elementos de control y conexión de estos equipos.

El circuito de impulsión está formado por 2 tramos de 110 m de longitud de tubo circular helicoidal de diámetro 315 mm. Habrá por lo tanto 20 tubos de 11 m de longitud. El circuito de retorno estará constituido igualmente por 2 tramos de 110 m; 20 tubos de diámetro 400 mm.

Se necesitará un contenedor de 40 pies para los tubos de impulsión y otro para los de retorno. Se estima necesario otro contenedor para los codos, toberas de impulsión y rejillas de extracción.

Por lo tanto se necesitarán **4 contenedores de 40 pies**.

**INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

Los generadores de electricidad son contenedores de 20 pies. El cuadro principal de la instalación estará en un contenedor de 20 pies en las inmediaciones de la planta. Se estima necesario un contenedor de 40 pies para el transporte de todo el cableado eléctrico y otros elementos de la instalación.

Por lo tanto todo lo anterior computará como **1 contenedor de 40 pies y 3 contenedores de 20 pies**.

CISTERNAS

Habrà que transportar dos contenedores cisterna de 20 pies cada una. Se estima que los elementos de bombeo y conducciones de gasoil, agua corriente sanitaria y agua del sistema de incendios se transportarán en un contenedor de 20 pies.

Serà necesario transportar **3 contenedores de 20 pies**.

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Se estima que los extintores y bocas de incendio instalados para prevenir y combatir incendios se transportarán en **1 contenedor de 20 pies**.

TRANSPORTE DE PLANTA			
Concepto	40 pies	20 pies	Transporte Especial (m ³)
Estructura nave	9	0	
Cerramientos de fachada	7	0	
Cubierta	5	0	
Tarimas	7	0	
Módulos y almacenes	26	6	
Fresadora	1	0	
Molde conchas	0	1	1.021
Moldes vigas	0	1	108
Máquinas materiales compuestos	2	0	
Pórticos grúa	1	0	112,5
Luminarias	1	0	
Instalación de climatización	4	0	
Instalación eléctrica	1	3	
Cisternas	0	3	
Instalación Contra Incendios	0	1	
	64	14	1.242



CAPÍTULO 3:

SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS



3.1. OBJETO

El presente estudio tiene por objeto el aportar la documentación necesaria que garantice la seguridad contra incendios de la instalación industrial del presente proyecto.

3.2. INFORMACIÓN PREVIA

La parcela donde se ubicará la instalación industrial objeto de estudio es de forma rectangular con unas dimensiones de 30 m de frente y 135 m de largo.

La superficie de la nave es de 4.050 m².

3.3. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Se trata de una nave industrial aislada y de permanencia temporal en base a proceso de fabricación e implantación de parque de generación de energía eólica.

Se ha construido en una sola planta y está destinada para el uso industrial, estando dotada de forma anexa de zona administrativa, de aseo, de descanso y de almacenamiento.

3.3.1. ESTRUCTURA

Toda la estructura y las piezas de unión son de acero galvanizado (S390 - Z275). La nave es del tipo cercha a dos vertientes (inclinación cubierta 10°), siendo toda ella enteramente atornillada con pernos de acero de alta resistencia (8.8) galvanizados. Tanto la estructura primaria (pórticos) como secundaria (pórticos extremos y correas), están construidas con perfiles estructurales en acero conformados en frío, según normas de fabricación EN 29002-1987, BS 5750 PART 2-1987.

- Pórticos principales contruidos con doble perfiles laterales en Sigma 320 mm y cercha formada por perfiles C160 y C130 (altura alma 1100mm).
- Distancia entre pilares 5 m.
- Arriostramiento mediante Cruz de San Andrés, con barras tensoras de roscas inversas galvanizados.
- Pórticos extremos contruidos con perfil Sigma 320 mm.
- Correas en perfil Z120x50 mm. Distancia entre correas: ± 1,5 m.

Se contemplan sobrecargas según norma de edificación para acero DB-SE.A / Eurocódigo: Nieve 30 kg/m², Viento = 50 kg/m².

3.3.2. REVESTIMIENTOS

Cubierta en chapa galvanizada (Z275) termolacada y grecada de perfil trapezoidal (profundidad de onda: 45mm). Espesor: 0,63 mm. Según la norma de fabricación NFP



34301. Con tratamiento protector Silicona Poliéster (10 mm en el interior / 25 mm en el exterior) según norma NFP.

Revestimiento de las paredes verticales de la nave mediante panel sándwich (8000 x 750 x 90 x 0,75 mm) en acero galvanizado (Z275) y termolacado, ancladas a la estructura principal mediante tornillos con cabeza plástica en el color de la chapa.

3.3.3. AISLAMIENTOS

AISLAMIENTO EN LA CUBIERTA CON CLECON: manta de lana de vidrio de espesor de 80 mm, con armadura de poliéster y acabado de alu-vinilo de color blanco como barrera antivapor. Coeficiente R ($\text{m}^2\text{K/W}$) = 2.

AISLAMIENTO EN LOS LATERALES CON CASSETTES: revestimiento interior de las paredes verticales de la nave mediante cassettes (8000 x 750 x 90 x 0,75 mm) en acero galvanizado (Z275) y termolacado, ancladas a la estructura principal con clavos de impacto. Relleno con manta de lana de vidrio de 70 mm de espesor. Coeficiente R ($\text{m}^2\text{K/W}$) = 1,92.

3.3.4. CARPINTERÍA

Puerta frontal de 5 m. de ancho x 7 m. de alto y 13 puertas laterales peatonales.

3.3.5. SOLADOS Y REVESTIMIENTOS

El pavimento de la nave consiste en una tarima modular de alta resistencia fabricada en aluminio extrusionado (aleación EN-AW 6082 T6) y panel fenólico antideslizante resistente a la intemperie 100% madera abedul de 21 mm.

TM442 XL CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	
MEDIDA ESTÁNDAR	200 x 100 cm / 100 x 100 cm (OTRAS MEDIDAS BAJO PETICIÓN)
MARCO & PATAS	ALUMINIO (Aleación: EN-AW 6082 Dureza: T6)
PANEL	TABLERO MARINO DE 21 mm 100 % MADERA DE ABEDUL
MARCO	110 mm (ESPESOR: 3,5 mm)
TRATAMIENTOS	IGNÍFUGOS E HIDRÓFUGOS (RESISTENTE A LA INTEMPERIE)
SUPERFICIE	FENÓLICA CON GRABADO ANTIDESLIZANTE
CARGA MÁXIMA	2600 kg UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDOS (1300 kg/m ²)
PESO NETO	48 kg (JUEGO MARCO Y TABLERO)
PERFIL PATAS	EXTERIOR: 60 x 60 x 3 mm / INTERIOR: 52,5 x 52,5 x 3,5 mm
ALTURAS ESTÁNDAR	MIN: 10 cm - MAX: 200 cm (PATAS FIJAS Ó REGULABLES)
MEDIDAS PLEGADA	200 x 100 x 11 cm
CONFORME CON	DIN 4112 NORMS UNE-EN 755, EN 315, EN 314-2 class 3 & EN 310



3.4. CERTIFICADO DEL REGLAMENTO DE SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS EN ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

3.4.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES ESTABLECIMIENTO

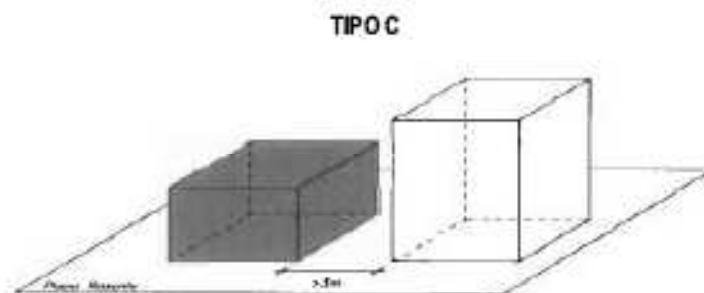
Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de éste, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, según lo establecido en el artículo 2 del RSCIEI, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

- a) Su configuración y ubicación con relación a su entorno.
- b) Su nivel de riesgo intrínseco.

CARACTERIZACIÓN POR SU CONFIGURACIÓN Y UBICACIÓN CON RELACIÓN A SU ENTORNO

TIPO C: El establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de 3 m del edificio más próximo de otros establecimientos.



Se concluye por tanto que la nave es de **Tipo C**.

CARACTERIZACIÓN POR SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

El uso que va a tener la nave en cuestión es el de fabricación de palas para aerogeneradores.



Los establecimientos industriales se clasifican, según su grado de riesgo intrínseco, atendiendo a los criterios simplificados y según los procedimientos que se indican a continuación:

1.) Los establecimientos industriales, en general, están constituidos por una o varias configuraciones de los tipos A, B, C, D y E definidos en el articulado del RSCIEI. Cada una de estas configuraciones constituye una o varias zonas (sectores o áreas de incendio) del establecimiento industrial. La instalación industrial objeto de nuestro certificado es de tipo C.

Se considera "sector de incendio" el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

2.) El nivel de riesgo intrínseco de cada sector o área de incendio se evalúa:

A. Calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector o área de incendio:

$$Q_s = \frac{\sum_i 1^i G_i \times q_i \times C_i}{A} \times R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio, en MJ/m² o Mcal/m².

G_i = masa, en kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector o área de incendio (incluidos los materiales constructivos combustibles).

q_i = poder calorífico, en MJ/kg o Mcal/kg, de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m².

Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.



B. Como alternativa a la fórmula anterior se puede evaluar la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_s , del sector de incendio aplicando las siguientes expresiones:

- Para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} \times S_i \times C_i}{A} \times R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado anterior.

q_{si} = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m² o Mcal/m².

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego, q_{si} diferente, en m².

Los valores del coeficiente de peligrosidad por combustibilidad, C_i , de cada combustible se han deducido de la tabla 1.1 del RSCIEI, del Catálogo CEA de productos y mercancías, o de tablas similares de reconocido prestigio.

Los valores del coeficiente de peligrosidad por activación, R_a , pueden deducirse de la tabla 1.2. del RSCIEI.

Los valores del poder calorífico q_{si} , de cada combustible, pueden deducirse de la tabla 1.4. del RSCIEI.

NOTA: a los efectos del cálculo, no se contabilizan los acopios o depósitos de materiales o productos reunidos para la manutención de los procesos productivos de montaje, transformación o reparación, o resultantes de éstos, cuyo consumo o producción es diario y constituyen el llamado "almacén de día". Estos materiales o productos se considerarán incorporados al proceso productivo de montaje, transformación, reparación, etc., al que deban ser aplicados o del que procedan.

- Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} \times C_i \times h_i \times S_i}{A} \times R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_s , C_i , R_a y A tienen la misma significación que en el apartado anterior.

q_{vi} = carga de fuego aportado por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i), existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³.



h_i = altura de almacenamiento de cada uno de los combustibles (i), en m.

s_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio en m^2 .

Los valores del poder calorífico q_{si} , de cada combustible, pueden deducirse de la tabla 1.4. del RSCIEI.

3.) El nivel de riesgo intrínseco de un edificio o un conjunto de sectores y/o áreas de incendio de un establecimiento industrial, a los efectos de la aplicación de este reglamento, se evalúa calculando la siguiente expresión, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, Q_e , de dicho edificio industrial:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} \times A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

donde:

Q_e = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

Q_{si} = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en MJ/m^2 o $Mcal/m^2$.

A_i = superficie construida de cada uno de los sectores o áreas de incendio, (i), que componen el edificio industrial, en m^2 .

Evaluando en las fórmulas descritas (se adjunta hoja de cálculo) obtenemos una densidad de carga de fuego ponderada de:

$$Q_s = Q_e = 518 \text{ MJ/m}^2 (< 850)$$

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO								
ACTIVIDAD	q_{si} (MJ/m ²)	q_{vi} (MJ/m ³)	SUPERFICIE TOTAL (m ²)	SUPERFICIE OCUPADA (m ²)	ALTURA DE ALMACENAMIENTO (m)	C_i	R_a	Q (MJ)
Fabricación Palas Aerogenerador	600	-	4.050	2.430	-	1,0	1,5	2.187.000
Administrativo	600	-	90	90	-	1,0	1,0	54.000
Aseos, comedor y vestuarios	0	-	150	150	-	1,0	1,0	0
Almacén fibra de vidrio	-	200	300	300	2,4	1,0	1,0	144.000
Almacén tornillos de unión	-	20	15	15	2,4	1,0	1,0	720
Q_e (MJ/m ²) =								518

4.) Evaluada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida de un sector o área de incendio (Q_s), de un edificio industrial (Q_e) o de un establecimiento industrial (Q_E), según Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador



los procedimientos expuestos, el nivel de riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial, o del establecimiento industrial, se deduce de la tabla 1.3.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	$Q_s \leq 100$	$Q_s \leq 425$
	2	$100 < Q_s \leq 200$	$425 < Q_s \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_s \leq 300$	$850 < Q_s \leq 1275$
	4	$300 < Q_s \leq 400$	$1275 < Q_s \leq 1700$
	5	$400 < Q_s \leq 800$	$1700 < Q_s \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_s \leq 1600$	$3400 < Q_s \leq 6800$
	7	$1600 < Q_s \leq 3200$	$6800 < Q_s \leq 13600$
	8	$3200 < Q_s$	$13600 < Q_s$

Con lo que concluimos que estamos ante un **Nivel de riesgo intrínseco BAJO (2)**.



3.4.2. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

A) FACHADA ACCESIBLE

Se trata de un edificio con fachada accesible, ya que dispone de varios huecos:

- Frente de 5 m de ancho x 7 m de alto (proceso).
 - 13 puertas laterales de 0,8 m de ancho (peatonales).
- a) El edificio se dispone únicamente en Planta Baja y sus huecos no tienen ningún tipo de antepecho que dificulte el acceso.
- b) No hay ningún tipo de elemento que dificulte el acceso a través de dicho hueco, ya que se encuentra a nivel de solera de la nave.

A1) CONDICIONES DEL ENTORNO DEL EDIFICIO.

- a) Al tratarse de un edificio con altura de evacuación descendente $<9,00$ m (ya que es $= 0,00$ m) se obvian las condiciones exigidas.
- b) Según el caso, puede ubicarse en zonas limítrofes con zonas forestales. Es por ello que se tiene en cuenta en su proceso de diseño que cumpla con:
- La zona edificada o urbanizada debe disponer preferentemente de dos vías de acceso alternativas, cada una de las cuales debe cumplir las condiciones de aproximación a los edificios.
 - Cuando no se pueda disponer de las dos vías alternativas indicadas, el acceso único debe finalizar en un fondo de saco, de forma circular, de 12,5 m de radio.
 - Las industrias y almacenes ubicados cerca de masa forestal han de mantener una franja perimetral de 25 m de anchura permanente libre de vegetación baja y arbustiva con la masa forestal esclarecida y las ramas bajas podadas.
 - En lugares de viento fuerte y de masa forestal próxima se aumentará la distancia establecida en un 100 por cien, al menos en las direcciones de los vientos predominantes.

A2) CONDICIONES DE APROXIMACIÓN DE EDIFICIOS.

El vial de aproximación hasta la fachada de la nave presentará las siguientes características:

- 1ª) Anchura libre $>5,00$ m.
- 2ª) Altura mínima libre o gálibo $>4,50$ m.
- 3ª) Capacidad portante del vial > 2000 Kp/m²



B) ESTRUCTURA PORTANTE

Toda la estructura y piezas de unión son de acero galvanizado (S390 - Z275). La nave es del tipo cercha a dos vertientes (inclinación cubierta 10°), siendo toda ella enteramente atornillada con pernos de acero de alta resistencia (8.8) galvanizados. Tanto la estructura primaria (pórticos) como secundaria (pórticos extremos y correas), construidas con perfiles estructurales en acero conformados en frío, según normas de fabricación EN 29002-1987, BS 5750 PART 2-1987.

- Pórticos principales contruidos con doble perfiles laterales en Sigma 320 mm y cercha formada por perfiles C160 y C130 (altura alma 1100mm).
- Distancia entre pilares 5 m.
- Arriostramiento mediante Cruz de San Andrés, con barras tensoras de roscas inversas galvanizados.
- Pórticos extremos contruidos con perfil Sigma 320 mm.
- Correas en perfil Z120x50 mm. Distancia entre correas: $\pm 1,5$ m.

Se contempla sobrecargas según norma de edificación para acero DB-SE.A / Eurocódigo: Nieve 30 kg/m², Viento = 50 kg/m².

C) ESTRUCTURA PRINCIPAL DE CUBIERTA

Coincide con la portante descrita anteriormente, por tratarse de un edificio en Planta Baja.

D) CUBIERTA LIGERA

Se trata de una cubierta ligera, ya que su peso propio es < 100 Kg/m².

1. UBICACIONES NO PERMITIDAS DE SECTORES DE INCENDIOS CON ACTIVIDAD INDUSTRIAL

Dado que es un edificio TIPO C, de Riesgo Bajo 2, con altura de evacuación 0,00 metros, no existe ninguna limitación en este sentido.

2. SECTORIZACIÓN

El edificio constituye un único sector.

NOTA: Los contenedores anexos son considerados sector independiente y de hecho constituyen en sí mismos recintos resistentes al fuego y contarán con dispositivos de cierre automático para desvincularse de la nave en caso de incendio. Ver anexo.

**2.1. Superficie Construida (Tabla 2.1RSCIEI)**

La superficie construida del sector (único) es de $4.605 \text{ m}^2 < 6.000 \text{ m}^2$.

3. MATERIALES

Los materiales empleados son los siguientes:

3.1. Productos de revestimiento o acabado superficial

	MATERIAL	CLASE
SUELO	Pavimento de tarima de aluminio y fenólico de abedul	C _{FL} -s1 (M2)
PAREDES	Chapa lacada	C-s3 d0 (M2)
FACHADAS	Chapa lacada	C-s3 d0 (M2)

4. ESTABILIDAD AL FUEGO DE LOS ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS PORTANTES.

TABLA 2.2
ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

La estabilidad al fuego de los elementos portantes cumple con la exigencia R30 (EF30) para Tipología C de nivel de riesgo Bajo.

Para la estructura principal de cubiertas ligeras y sus soportes en plantas sobre rasante, no previstas para ser utilizadas en la evacuación de los ocupantes, y dado que se justifica

Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador



que su fallo no puede ocasionar daños graves a los edificios o establecimientos próximos, ni comprometan la estabilidad de otras plantas inferiores o la sectorización de incendios implantada y su riesgo es bajo, puede concluirse que no requiere justificación. No obstante se cumple un EF30.

TABLA 2.3

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

5. RESISTENCIA AL FUEGO DE ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS DE CERRAMIENTO.

Los muros delimitadores del sector de incendios, superan una R-30, por lo que cumple las determinaciones requeridas para establecimientos de Tipo C de Riesgo Bajo, como se recoge en la tabla 2.2.

Las puertas que comunican con sectores diferentes (contenedores anexos) cumplen una resistencia al fuego igual a la mitad de la del propio cerramiento del contenedor (RF 120). Éstas están además provistas de retenedores que aseguran el cierre de las mismas en caso de incendio asegurando la sectorización permanente entre los recintos.

6. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

Ocupación:

$P = 1,10 p$ siendo $p = 30$ (aproximadamente según documentación laboral).

$P 1,10 \times 30 = 33$ personas.

6.1. Número y disposición de Salidas

Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas		
Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo(*)	35m(**)	50 m
Medio	25 m(***)	50 m
Alto	-----	25 m



Dado que se trata de un edificio Tipo C con uso exclusivamente industrial, de Riesgo Bajo 2, no presenta riesgo alguno, cuando además, los recorridos reales de evacuación, siempre son < 50 m contando con más de dos salidas tal y como puede verse en la documentación gráfica adjunta.

6.2. Dimensión de Salida

Todas las puertas de salida peatonal serán de 0,8 m. de ancho, es decir, con una capacidad de evacuación de 160 personas según la fórmula:

$$A = p/200 = 0,8$$

Dado que la ocupación total de la nave es de 33 personas como máximo, queda sobradamente justificada la dimensión de las salidas.

6.3. Señalización e Iluminación

Se ha dotado de señalización e iluminación para el caso de incendios y emergencia, consistente en luminarias de encendido autónomo. Se aborda y describe en el siguiente capítulo.

7. EVACUACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.

No requiere por tratarse de una nave de riesgo intrínseco bajo. No obstante se han previsto unos exutorios en los frentes de la nave con el fin de asegurar el desenfumaje en caso de incendio y además poder ser utilizados como barrido natural con el fin de asegurar calidad y salubridad de aire interior.

8. ALMACENAMIENTOS

El almacenamiento de materias primas con riesgo de incendio se realiza en almacenes contiguos exteriores mediante contenedores resistentes al fuego RF120 comunicados con la nave mediante puertas RF y retenedores conectados a la central de incendio que en caso de alarma cierran automáticamente la comunicación.

Se considera que en la nave únicamente se almacena el material correspondiente al propio proceso de fabricación diario y aquellos cuyo riesgo de infamación es bajo.





3.4.3. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS

1. Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones requeridos en el edificio industrial, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquel.

A continuación se definen los pertinentes sistemas y equipos de protección y lucha contra incendios requeridos en el edificio con las correspondientes características técnicas exigidas por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y homologación en la documentación adjunta.

2. Los instaladores y mantenedores de las instalaciones de protección contra incendios, a que se refiere el apartado anterior, cumplirán los requisitos que, para ellos, establece el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y disposiciones que lo complementan.

3. SISTEMAS AUTOMÁTICOS DE DETECCIÓN DE INCENDIO

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 3.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, sistema automático de detección de incendio al tratarse de un edificio de tipo C, con nivel de riesgo intrínseco bajo.

4. SISTEMAS MANUALES DE ALARMA DE INCENDIO

El edificio industrial objeto del presente certificado **SÍ REQUIERE**, según el punto 4.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, sistema manual de alarma de incendio por ser un establecimiento industrial con superficie superior a 1.000 m² que no requiere sistema automático de detección de incendio tal y como especifica el punto anterior.

Requerida la instalación de un sistema manual de alarma de incendio, se sitúa un pulsador junto a las salidas de evacuación del sector.

El pulsador permite provocar voluntariamente y transmitir una señal a una central de control y señalización permanentemente vigilada, de tal forma que sea fácilmente identificable la zona en que ha sido activado el pulsador.



5. SISTEMAS DE COMUNICACIÓN DE ALARMA

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 5.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, sistema de comunicación de alarma de incendio por ser un establecimiento industrial que no supera los 10.000 m² en la suma de la superficie construida de todos los sectores de incendio (4.605 m²).

6. SISTEMAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA CONTRA INCENDIOS.

El edificio **NO REQUIERE**, como se especificará en puntos posteriores, de ningún sistema de lucha contra incendio que requiera, para dar servicio, abastecimiento de agua, tales como:

- Red de bocas de incendio equipadas (BIE).
- Red de hidrantes exteriores.
- Rociadores automáticos.
- Agua pulverizada.
- Espuma.

No obstante, al requerirlo los contenedores por normativa propia APQ se ha considerado la instalación de un circuito de abastecimiento de agua para las bocas de incendio colocadas en la zona de los contenedores de almacenamiento de productos inflamables. El agua se obtendrá de un contenedor cisterna instalado en las inmediaciones de la nave industrial. El volumen mínimo necesario será el suficiente para abastecer de un caudal de 1,6 l/s a dos bocas de incendio de 25 mm durante una hora:

$$V = 2 \times 1,6 \times 3.600 = 11.520 \text{ l}$$

7. SISTEMAS DE HIDRANTES EXTERIORES

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 7.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, sistema de hidrantes exteriores ya que:

- No lo exigen las disposiciones vigentes que regulan actividades industriales sectoriales de acuerdo con el artículo 1 de este reglamento.
- No concurren en el edificio ninguna de las circunstancias que se describen en la tabla del punto 7.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, siendo el caso presente de menor riesgo que el mínimo contemplado en el articulado.



HIDRANTES EXTERIORES EN FUNCIÓN DE LA CONFIGURACIÓN DE LA ZONA,
SU SUPERFICIE CONSTRUIDA Y SU NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO

Configuración de la zona de incendio	Superficie del sector o área de incendio (m ²)	Riesgo Intrínseco		
		Bajo	Medio	
A	>300 ≥1000	NO SÍ*	SÍ SÍ	
B	≥1000 ≥2500 ≥3500	NO NO SÍ	NO SÍ SÍ	SÍ SÍ SÍ
C	≥2000 ≥3500	NO NO	NO SÍ	SÍ SÍ
D o E	≥5000 ≥15000	SÍ	SÍ SÍ	SÍ SÍ

8. EXTINTORES DE INCENDIO

El edificio industrial objeto del presente certificado **SÍ REQUIERE**, según el punto 8.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, la instalación de extintores portátiles en el sector de incendio. El agente extintor empleado es seleccionado de acuerdo a la tabla I-1 del Apéndice 1 del Reglamento de Instalaciones de Protección contra incendios aprobado por R.D. 1942/1993 de 5 de Noviembre.

Puesto que en el sector de incendio existen combustibles de tipo A (sólidos) y tipo B (líquidos) se determina que la clase de fuego del sector de incendio es A-B.

El edificio requiere como mínimo 21 extintores de eficacia mínima 21 A tal y como especifica la tabla 3.1 del punto 8.2 del Apéndice 3 del RSCIEI para un edificio de riesgo intrínseco bajo y área de protección de 4.605 m².

También requerirá un mínimo de 4 extintores móviles sobre ruedas, de 50 kg de polvo BC o ABC para los 4.000 l de combustible tipo B que se almacenan en el interior de la



nave como materia prima diaria. Se colocarán este tipo de extintores cada 15 m en las zonas donde habrá líquidos inflamables, en las zonas de moldeo.

Puesto que el recorrido máximo en horizontal desde cualquier punto del sector de incendios hasta el extintor no debe de superar los 15 m, se colocarán:

- 10 extintores de polvo ABC eficacia mínima 21 A separados 15 m en el lateral de los módulos prefabricados.
- 4 extintores de polvo ABC eficacia mínima 21 A separados 15 m en el lateral de almacenamiento (zona de no inflamables).
- 20 carros extintores sobre ruedas de 50 kg de polvo ABC en las zonas de moldeo separados 15 m.
- 12 extintores de polvo ABC de eficacia mínima 144 B en las puertas de los almacenamientos de productos inflamables (tal y como exige la ITC MIE APQ-1).
- 5 extintores de polvo BC de eficacia mínima 89B en las inmediaciones de la cisterna de gasoil.
- 1 extintor de anhídrido carbónico en las inmediaciones del cuadro eléctrico.

TABLA 3.1

DETERMINACIÓN DE LA DOTACIÓN DE EXTINTORES PORTÁTILES EN SECTORES DE INCENDIO CON CARGA DE FUEGO APORTADA POR COMBUSTIBLES DE CLASE A

GRADO DE RIESGO INTRÍNSECO DEL SECTOR DE INCENDIO	EFICACIA MÍNIMA DEL EXTINTOR	ÁREA MÁXIMA PROTEGIDA DEL SECTOR DE INCENDIO
BAJO	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
MEDIO	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
ALTO	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

El emplazamiento de los extintores portátiles permite que sean fácilmente visibles y accesibles, situados próximos a los puntos donde se estima mayor probabilidad de iniciarse el incendio y su distribución es tal que el recorrido máximo horizontal, desde cualquier punto del sector de incendio hasta el extintor, no supera 15 m. tal y como exige el punto 8.4 del Apéndice 3 del RSCIEI.



9. SISTEMAS DE BOCAS DE INCENDIO EQUIPADAS

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 9.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, al tratarse de un establecimiento de tipo C y riesgo intrínseco BAJO. No obstante, al requerirlo los contenedores por normativa propia APQ se ha considerado la instalación de 6 bocas de incendio de 25 mm.

10. SISTEMAS DE COLUMNA SECA

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 10.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, al tratarse de un establecimiento de riesgo intrínseco BAJO y no superar su altura de evacuación los 15 m.

11. SISTEMAS DE ROCIADORES AUTOMÁTICOS DE AGUA

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 11.1 del Apéndice 3 del RSCIEI, al desarrollar la actividad en un establecimiento de tipo C y de riesgo intrínseco BAJO.

12. SISTEMAS DE AGUA PULVERIZADA

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 12 del Apéndice 3 del RSCIEI, ya que ni por su configuración, proceso ni ubicación del riesgo necesita refrigerar partes del mismo para asegurar la estabilidad de su estructura.

13. SISTEMAS DE ESPUMA FÍSICA

El edificio industrial objeto del presente certificado **NO REQUIERE**, según el punto 13 del Apéndice 3 del RSCIEI, ya que las disposiciones vigentes que regulan la protección contra incendios en actividades industriales sectoriales específicas no lo exigen y en el establecimiento no se manipulan líquidos inflamables que en caso de incendio puedan propagarse a otros sectores.

14. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR POLVO

El edificio industrial objeto del presente certificado cuenta con extintores de polvo.



15. SISTEMAS DE EXTINCIÓN POR AGENTES EXTINTORES GASEOSOS.

El edificio industrial objeto del presente certificado cuenta con extintor de Anhídrido Carbónico en las inmediaciones del cuadro eléctrico.

16. SISTEMAS DE ALUMBRADO DE EMERGENCIA

El edificio industrial cuenta con instalación de alumbrado de emergencia de las vías de evacuación ajustándose ésta a las condiciones exigidas en el punto 16.3 del Apéndice 3 del RSCIEI:

- a) Es fija, provista de fuente propia de energía y entra automáticamente en funcionamiento al producirse un fallo del 70 por ciento de su tensión nominal de servicio.
- b) Mantendrá las condiciones de servicio durante una hora, como mínimo, desde el momento en que se produzca el fallo.
- c) Proporciona una iluminancia de un lx, como mínimo, en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación.
- d) La iluminancia es, como mínimo, de cinco lx en los espacios correspondientes a la ubicación del cuadro eléctrico.
- e) La uniformidad de la iluminación proporcionada en los distintos puntos de cada zona será tal que el cociente entre la iluminancia máxima y la mínima es menor que 40.
- f) Los niveles de iluminación establecidos se obtienen considerando nulo el factor de reflexión de paredes y techos y contemplando un factor de mantenimiento que comprende la reducción del rendimiento luminoso debido al envejecimiento de las lámparas y a la suciedad de las luminarias.

17. SEÑALIZACIÓN

El edificio cuenta con la señalización de las salidas de uso habitual y recorrido de evacuación así como la de todos los medios de protección contra incendios de utilización manual según lo dispuesto en el Reglamento de señalización de los centros de trabajo, aprobado por el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo.



3.5. CUMPLIMIENTO ITC MIE APQ-1 EN ALMACENAMIENTOS CONTIGUOS

La Instrucción Técnica Complementaria (ITC) al Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos (APQ) MIE APQ-1 regula las condiciones de almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.

CLASIFICACIÓN DE PRODUCTOS

Las resinas y catalizadores que son necesarias almacenar se consideran productos de **clase D** según el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos por tener un punto de inflamación superior a 100° C.

ALMACENAMIENTO EN RECIPIENTES MÓVILES

Puesto que las resinas y catalizadores que se almacenan están contenidas en recipientes móviles con capacidad inferior a 3 m³ será de aplicación lo expuesto en la sección 3ª de la ITC MIE APQ-1.

SALA DE ALMACENAMIENTO

Se consideran salas de almacenamiento las destinadas exclusivamente para los almacenamientos que se encuentran en edificios destinados a otros usos, industriales o no industriales.

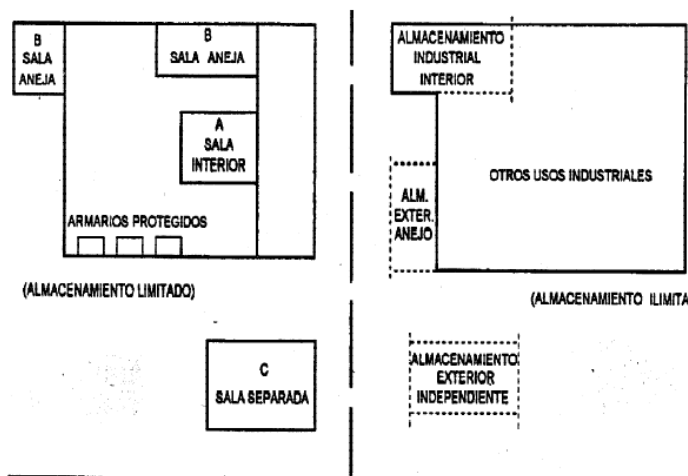
La estructura, techos y paredes deberán tener una resistencia al fuego RF-120. Las puertas que, comunicando con el exterior, disten menos de 15 m de los límites de propiedad u otros edificios, tendrán una resistencia al fuego mínima de RF-60 y cierre automático. No obstante, cuando se disponga de un sistema fijo automático de extinción, la anterior distanciase reducirá a la mitad.

SALA DE ALMACENAMIENTO ANEJA

Sala de almacenamiento aneja es aquella que encontrándose en el interior de un edificio, tiene una o más paredes exteriores. Deberá proporcionar un fácil acceso para los medios de extinción, por medio de ventanas, aberturas o paredes ligeras no combustibles.

FIGURA I

Ejemplos de las disposiciones posibles de almacenamiento de recipientes móviles



El almacenamiento en salas anejas deberá cumplir con lo indicado en la tabla II.

TABLA II

Clase de líquido	Tamaño del recipiente (R)								
	R ≤ 25 L			25 L < R ≤ 250 L			250 L < R ≤ 3.000 L		
	H max (m)	V _p pila (m³)	V _g global (m³)	h max (m)	V _p pila (m³)	V _g global (m³)	h max (m)	V _p pila (m³)	V _g global (m³)
B1 Pe < 38 °C	1,5	2,5	7,5	1,8	2,5	7,5	2,5	2,5	7,5
B1 Pe ≥ 38 °C	3,0	5,0	15,0	2,7	5,0	15,0	2,5	7,5	15,0
B2	3,0	15,0	45,0	3,6	15,0	45,0	2,5	15,0	45,0
C	4,5	50,0	150,0	3,6	50,0	150,0	2,5	75,0	150,0
D	4,5	50,0	300,0	4,5	50,0	300,0	2,5	75,0	300,0

Notas:

1. Pe es el punto de ebullición.

h max es la altura máxima permitida.

V_p es el volumen máximo por pila.

V_g es el volumen global máximo del almacenamiento.

2. Las cantidades máximas podrán duplicarse en el caso de que exista protección por sistema de extinción fijo automático o manual, debiendo en el segundo caso existir personal entrenado en el funcionamiento durante las veinticuatro horas del día. Las instalaciones se diseñarán de acuerdo con las normas UNE que se indican en el anexo que sean aplicables.

La altura de la pila en las salas de almacenamiento anejas del recinto industrial objeto del presente estudio serán de 2,4 m como máximo. El volumen máximo de almacenamiento de las salas anejas es de 72 m³ máximo; la capacidad total de los contenedores, por lo que entran dentro de lo permitido en la tabla II.

**PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS**

Los almacenamientos definidos en la sección 3º de la ITC MIE APQ-1 deberán disponer de los medios de protección de incendios que se especifican en la tabla V.

TABLA V
Protección contra incendios en función del tipo de almacenamiento

Tipo de almacenamiento	Extintores	Bocas de incendio (*)	Hidrantes (*)	Columnas secas (*)	Sistemas fijos
Armario protegido	Sí				
Salas de almacenamiento	Sí	a partir de 50 m³		(**)	opcional
Almacén ind. interior	Sí	Sí (***)	Sí	(**)	opcional
Almacén ind. exterior	Sí		Sí		opcional

(*) Siempre que el agua no esté contraindicada como agente extintor, en cuyo caso deberá seleccionarse otro sistema y agente extintor.

(**) Cuando se almacene en edificios en pisos superiores a la planta primera.

(***) Cuando se disponga de instalación fija no será necesario instalar BIE.

1.) Bocas de incendio

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **SI REQUIEREN** la instalación de bocas de incendio según la tabla V del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

Las bocas de incendio equipadas deberán situarse sobre un soporte rígido, de forma que el centro quede como máximo a una altura de 1,5 m con relación al suelo. Se situarán preferentemente cerca de las puertas o salidas y a una distancia máxima de 5 m teniendo en cuenta que no deberán constituir obstáculo para la utilización de dichas puertas.

La determinación del número de bocas de incendio equipadas y su distribución, se hará de tal modo que la totalidad de la superficie a proteger lo esté, al menos por una boca de incendio equipada de 25 mm para las salas de almacenamiento. La distancia desde cualquier punto de un local protegido hasta la boca de incendio equipada más próxima no deberá exceder de 25 m.

Por tanto se colocará una boca de incendio por cada dos salas anejas de almacenamiento.

Los caudales mínimos serán de 6 m³/h (1,6 l/s) para las bocas de 25 mm. Las condiciones de caudal se deberán mantener durante una hora bajo la hipótesis de funcionamiento simultáneo de las dos bocas hidráulicamente más desfavorables.

2.) Hidrantes de incendios

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **NO REQUIEREN** la instalación de hidrantes de incendio según se muestra en la tabla V del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.



3.) Columna seca

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **NO REQUIEREN** la instalación de columna seca según se muestra en la tabla V del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

4.) Extintores

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **SI REQUIEREN** la instalación de bocas de incendio según la tabla V del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

Todos los almacenamientos a que hace referencia la presente ITC deberán estar dotados de extintores a ser posible próximos a las salidas y en lugares de fácil visibilidad y acceso. Se dispondrá por lo menos de un extintor de eficacia 144B (conforme UNE 23.110), y agente extintor adecuado (generalmente polvo seco), de tal forma que la distancia a recorrer horizontalmente desde cualquier punto del área protegida hasta alcanzar el extintor adecuado más próximo no exceda de 15 m.

Por tanto se colocará un extintor de polvo seco con eficacia 144B en la puerta de cada una de las salas de almacenamiento anejas que contienen productos químicos líquidos inflamables.

5.) Sistemas fijos de extinción

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **NO REQUIEREN** la instalación de sistemas fijos de extinción según se muestra en la tabla V del artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

6.) Instalaciones de sistemas de alarma y vigilancia

Las salas de almacenamiento anejas objeto del presente certificado **NO REQUIEREN** la instalación de sistemas de alarma y vigilancia por tratarse de almacenamientos de productos de clase D según se indica en el artículo 53 de la ITC MIE APQ1.

Al no haberse encontrado normativa específica para salas de almacenamiento de productos sólidos inflamables, se hacen extensibles a éstas los requerimientos de la ITC APQ-1 en cuanto a medidas de protección contra incendios



3.6. CUMPLIMIENTO ITC MI IP03 EN ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLE PARA CONSUMO EN LA PROPIA INSTALACIÓN

La instrucción técnica complementaria MI IP03 tiene por objeto establecer las prescripciones técnicas a las que han de ajustarse las instalaciones para almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos, para su consumo en la propia instalación.

CLASIFICACIÓN DE COMBUSTIBLES

El gasoil necesario para hacer funcionar los grupos electrógenos que suministran electricidad a la instalación industrial objeto del presente estudio es un combustible de **clase C** por tener un punto de inflamación comprendido entre 55° y 120 ° C.

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

El tanque de almacenamiento de gasoil será un contenedor cisterna homologado con capacidad para 27.000 l.





PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Las instalaciones, los equipos y sus componentes destinados a la protección contra incendios en un almacenamiento de carburantes y combustibles líquidos y sus instalaciones conexas se ajustarán a lo establecido en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre.

1.) Protección con agua

La instalación de almacenamiento de combustible para el consumo en la propia instalación objeto del presente certificado **NO REQUIERE** de sistemas de protección con agua según se indica en el artículo 30.1 de la ITC MI IP03; por tratarse de un almacenamiento de superficie de combustible clase C con capacidad inferior a los 500 m³.

2.) Protección con extintores

En todas las zonas del almacenamiento donde existan conexiones de mangueras, bombas, válvulas de uso frecuente o análogo, situados en el exterior de los cubetos y en sus accesos se dispondrá de extintores del tipo adecuado al riesgo y con eficacia mínima 144B para productos de clase B y de 89B para productos de las clases C y D.

Los extintores, serán de polvo, portátiles o sobre ruedas, dispuestos de tal forma que la distancia a recorrer horizontalmente desde cualquier punto del área protegida hasta alcanzar el extintor adecuado más próximo no exceda de 15 m.

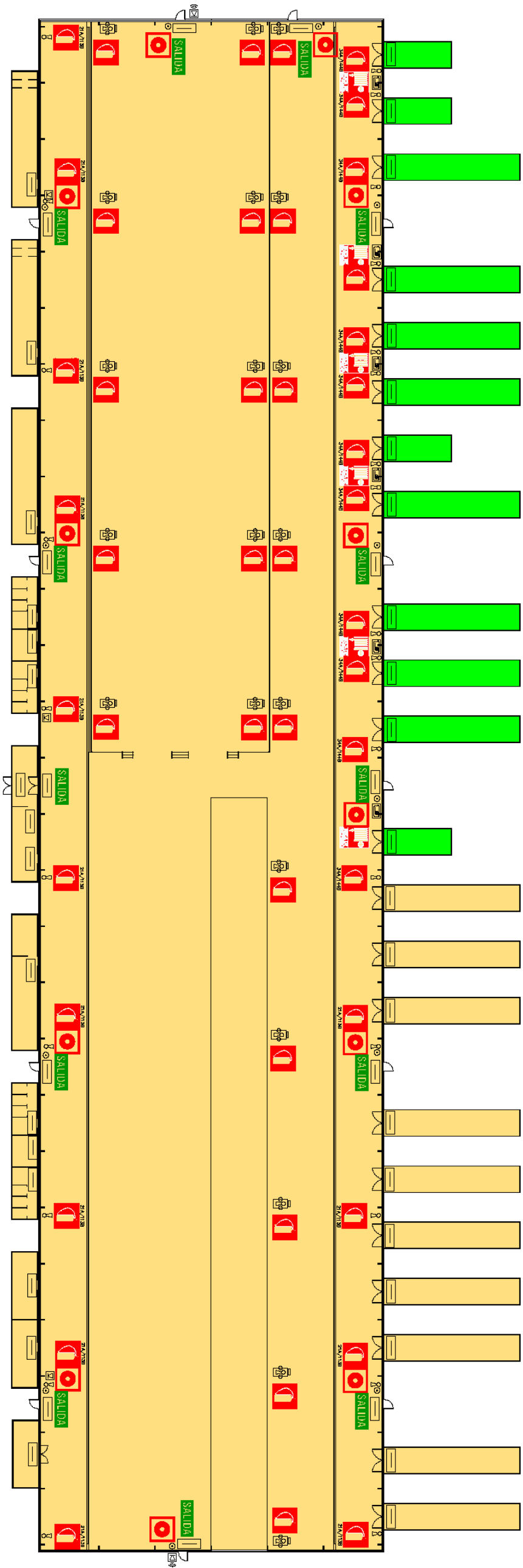
Por tanto se colocará un extintor con eficacia mínima 89B en las inmediaciones del contenedor cisterna.

3.) Alarmas

La instalación de almacenamiento de combustible para el consumo en la propia instalación objeto del presente certificado **NO REQUIERE** de sistemas de alarma según se indica en el artículo 30.4 de la ITC MI IP03; por tratarse de un almacenamiento de superficie de combustible clase C con capacidad inferior a los 500 m³.

3.7. UBICACIÓN DE LOS ELEMENTOS DE SEGURIDAD

En el siguiente plano esquemático se muestra la ubicación de los principales elementos de seguridad contra incendios en la planta de fabricación de palas de aerogenerador.



LEYENDA INCENDIOS

- PULSADOR MANUAL DE ALARMA
- SIRENA ELECTRONICA DE ALARMA INTERIOR
- SIRENA ELECTRONICA DE ALARMA EXTERIOR
- INDICADOR SEÑAL LUMINOSA DE ALARMA
- EXTINTOR PORTATIL POLVO SECO EFICIENCIA
- CARRO PORTATIL EXTINTOR 50KG

LEYENDA SECTORES

- SECTOR NAVE
- SECTOR INDEPENDIENTE CONTENEDOR E1120

- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE EXTINTOR
- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE PULSADOR DE ALARMA
- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE SALIDA DE VIA DE EVACUACION
- LUMINARIA DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION DE 333 Lm.
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA



CAPÍTULO 4:

PRESUPUESTO



4.1. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

RESUMEN DE PRESUPUESTO

PLANTA DE PRODUCCION DE PALAS DE AEROGENERADOR

CAPITULO	RESUMEN	EUROS	%
01	MOVIMIENTO DE TIERRAS.....	50.351,04	0,72
02	CIMENTACION Y SANEAMIENTO.....	159.902,24	2,29
03	NAVE INDUSTRIAL.....	2.058.753,77	29,47
04	EQUIPOS PRODUCTIVOS.....	3.999.141,72	57,25
05	INSTALACIÓN NEUMÁTICA.....	8.465,00	0,12
06	CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN.....	91.199,88	1,31
07	PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	18.511,08	0,27
08	INSTALACIÓN ELÉCTRICA.....	598.626,82	8,57
TOTAL PRESUPUESTO		6.984.951,55	

**4.2. PRESUPUESTO DESGLOSADO**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 01. MOVIMIENTO DE TIERRAS				
1.1	m2 LIMPIEZA Y DESBROCE DE TERRENO , limpieza y desbroce de terreno con medios mecánicos, incluso carga y transporte a vertedero de las materias obtenidas.			
		40.300	0,51	20.448,22
1.2	m3 EXCAVACION ZANJA TIERRA C.MEDIA PROF. MAX. 1,5 m , excavación de tierras de consistencia media, realizada con medios mecanicos hasta una prof. máxima de 1,5 m, incluso extracción a los bordes y perfilado de fondos y laterales.			
		479	5,76	2.755,97
1.3	m3 TRANSPORTE TIERRAS DIST. MAX. 5 km , transporte de tierras realizado en camión basculante a una distancia máxima de 5 km, incluso carga con medios mecánicos.			
		4.772	3,59	17.116,68
1.4	m2 EXPLANACION DE 50 cm ESP. CONSISTENCIA MEDIA , explanación de 50 cm de espesor medio, con tierras de consistencia media, comprendiendo: excavación con medios mecánicos, transporte de relleno, extendido y compactado con medios			
		8.586	1,17	10.030,17
TOTAL CAPITULO 01.....				50.351,04



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 02. CIMENTACION Y SANEAMIENTO				
SUBCAPITULO 02.01. CIMENTACION NAVE				
2.1.1	m3 HORMIGON HA-25/P/20/IIa EN VIGAS/ZUNCHOS , hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, suministrado y puesto en obra, vibrado y curado. Medido el volumen teórico ejecutado.	122	94,64	11.525,34
2.1.2	m3 HORMIGON HA-25/P/40/IIa EN ZAPATAS , hormigón para armar HA-25/P/40/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 40 mm, suministrado y puesto en obra, vibrado y curado. Medido el volumen teórico ejecutado.	193	91,85	17.767,70
2.1.3	m2 CAPA DE HORMIGON DE LIMPIEZA 10cm ESP. MEDIO , capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20mm, 10cm de espesor mínimo, suministrado y puesto en obra. Medido el volumen teórico ejecutado	351	14,22	4.992,01
2.1.3	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENTACION , acero en barras corrugadas B400S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra. Medida en peso nominal.	8.972	1,32	11.857,77
2.1.3	kg ACERO S275JR EN PLACAS DE ANCLAJE A CIMENTACION , acero S275JR en placa de anclaje a la cimentación con cuatro barras de acero Ø16, soldadas o atornilladas, incluso corte, elaboración y montaje, capa de imprimación antioxidante. Medido el peso nominal.	2.137	3,10	6.632,47
TOTAL SUBCAPITULO 02.01.....				52.775,28
SUBCAPITULO 02.02. CIMENTACION PORTICO GRUA				
2.2.1	m3 HORMIGON HA-25/P/20/IIa EN VIGAS/ZUNCHOS , hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, suministrado y puesto en obra, vibrado y curado. Medido el volumen teórico ejecutado.	259,20	94,64	24.529,65
2.2.2	m2 CAPA DE HORMIGON DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO , capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20mm, 10cm de espesor mínimo, suministrado y puesto en obra. Medido el volumen teórico ejecutado	324,00	14,22	4.606,96
2.2.3	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENTACION , acero en barras corrugadas B400S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra. Medida en peso nominal.	14.514,00	1,32	19.181,70
2.2.4	kg ACERO S275JR EN PERFILES PARA GUIADO PUENTE GRUA , acero S275JR en perfil UPN350 y llantón 60x40 soldadas, incluso corte, elaboración y montaje, capa de imprimación antioxidante. Medido el peso nominal.	21.470,54	1,58	33.949,21
TOTAL SUBCAPITULO 02.02.....				82.267,52
Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador				140



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 02.03. CIMENTACION MOLDE CONCHAS				
2.3.1	m3 HORMIGON HA-25/P/20/IIa ZUNCHOS , hormigón para armar HA-25/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, suministrado y puesto en obra, vibrado y curado. Medido el volumen teórico ejecutado.			
		62,00	94,64	5.867,43
2.3.2	m2 CAPA DE HORMIGON DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO , capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, suministrado y puesto en obra. Medido el volumen teórico ejecutado.			
		155,00	14,22	2.203,95
2.3.3	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENTACION , acero en barras corrugadas B400S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra. Medida en peso nominal.			
		2.339,00	1,32	3.091,22
TOTAL SUBCAPITULO 02.03.....				11.162,60
SUBCAPITULO 02.04. CIMENTACION FRESA Y APOYOS PALA				
2.4.1	m3 HORMIGON HA-25/B/40/IIa EN LOSA , hormigón para armar HA-25/B/40/IIa, consistencia blanda y tamaño máximo del árido 40 mm, suministrado y puesto en obra, vibrado y curado. Medido el volumen teórico ejecutado.			
		8,50	97,67	830,18
2.4.2	m2 CAPA DE HORMIGON DE LIMPIEZA 10 cm ESP. MEDIO , capa de hormigón de limpieza HM-20/P/20/IIa, consistencia plástica y tamaño máximo del árido 20 mm, de 10 cm de espesor mínimo, suministrado y puesto en obra. Medido el volumen teórico ejecutado.			
		21,26	14,22	302,30
2.4.3	kg ACERO EN BARRAS CORRUGADAS B400S EN CIMENTACION , acero en barras corrugadas B400S en elementos de cimentación, incluso corte, labrado, colocación y atado con alambre recocido, separadores y puesta en obra. Medida en peso nominal.			
		330,61	1,32	436,93
TOTAL SUBCAPITULO 02.04.....				1.569,42



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 02.05. SANEAMIENTO PLUBIALES				
2.5.1	m TUBERÍA PVC PARA DRENAJE , tubería de PVC duro corrugado para drenaje, sección abovedada, de 160 mm de diámetro, con uniones soldadas, con p.p. de accesorios. Completamente instalada.			
		330	10,37	3.422,10
	TOTAL SUBCAPITULO 02.05.....			3.422,10
SUBCAPITULO 02.06. SANEAMIENTO FECALES				
2.6.1	FOSA SÉPTICA , unidad ecológica compacta fosa-filtro de depuración para vertido de aguas fecales formada por fosa integral de 2000 l de volumen útil prefabricada en políester reforzado con fibra de vidrio, equipada con recinto de retención de grasas, prefiltro de relleno de material filtrante, filtro biológico percolador de 1000 l de volumen útil compuesto por cuba de políester reforzado con fibra de vidrio, repartidor del efluente y con relleno de material filtrante (puzolana), incluso tubería de PVC sanitario para enlace y conexionado de elementos y ventilaciones. Completamente instalada. Marca/modelo:INGEBAC/CP1800 o equivalente.			
		1	1.899,52	1.899,52
2.5.1	m TUBERÍA PVC PARA SANEAMIENTO , tubería de PVC para saneamiento enterrado tipo UD, según norma UNE-EN 1401-1:1998 de rigidez anular nominal SN 4 (SDR 41), de 160 mm de diámetro nominal, con uniones mediante junta elástica o encoladas, con p.p. de accesorios y elementos de sujeción. Completamente instalada. Marca/modelo: TERRAIN o equivalente			
		380	17,91	6.805,80
	TOTAL SUBCAPITULO 02.05.....			8.705,32
	TOTAL CAPITULO 02.....			159.902,24



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 03. NAVE PREFABRICADA				
SUBCAPITULO 03.01. ESTRUCTURA NAVE				
3.1.1	NAVE PREFABRICADA MODULAR, tipo ASTRA 300/10.5 de 130 m de longitud.			
		1	676.903,58	676.903,58
	TOTAL SUBCAPITULO 03.01.....			676.903,58
SUBCAPITULO 03.02. SUELO MODULAR				
3.2.1	TARIMA TM442/30-40, para montaje de suelo prefabricado a una altura sobre rasante de 0,36 m.			
		1.300	350,00	455.000,00
3.2.2	TARIMA TM442/70-120, para montaje de suelo prefabricado a una altura sobre rasante de 0,36 m.			
		300	365,00	109.500,00
3.2.3	ESCALERA MODULAR, de aluminio de 2 peldaños con patas telescópicas.			
		3	521,34	1.564,02
3.2.4	QUITAMIEDOS MODULAR, de dimensiones 1880x1100 mm para tarimas modelo TM442.			
		66	154,80	10.216,80
3.2.5	QUITAMIEDOS MODULAR, de dimensiones 880x1100 mm para tarimas modelo TM442.			
		4	107,50	430,00
	TOTAL SUBCAPITULO 03.02.....			576.710,82
SUBCAPITULO 03.03. MODULOS PREFABRICADOS				
3.3.1	MODULO DIAFANO, de 12 m de longitud dotado con instalación eléctrica, iluminación y sistema de climatización para albergar oficinas, laboratorio, ...			
		4	7.434,00	29.736,00
3.3.1	MODULO SANITARIO, de 12 m de longitud dotado con instalación eléctrica, iluminación y sistema de climatización para albergar aseos y vestuarios			
		4	12.272,00	49.088,00
	TOTAL SUBCAPITULO 03.03.....			78.824,00



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 03.04. CONTENEDORES DE ALMACENAMIENTO				
3.4.1	CONTENEDOR MARITIMO 40' , dotado de iluminación y enchufe rápido para acoplarlo a la instalación eléctrica de la nave industrial; destinado al almacenamiento de materias primas no inflamables.			
		11	2.400,00	26.400,00
3.4.2	CONTENEDOR MARITIMO 20' , dotado de iluminación y enchufe rápido para acoplarlo a la instalación eléctrica de la nave industrial; destinado al almacenamiento de materias primas no inflamables.			
		1	1.800,00	1.800,00
3.4.3	CONTENEDOR 40' RF120 + APQ , contenedor marítimo con sistema de iluminación y sistema de acoplamiento rápido a la instalación eléctrica de la nave industrial. Capacidad de resistencia al fuego RF120 y con cubeto de retención.			
		4	75.812,92	303.251,68
3.4.4	CONTENEDOR 20' RF120 + APQ , contenedor marítimo con sistema de iluminación y sistema de acoplamiento rápido a la instalación eléctrica de la nave industrial. Capacidad de resistencia al fuego RF120 y con cubeto de retención.			
		2	37.053,99	74.107,98
3.4.5	CONTENEDOR 40' RF120 , contenedor marítimo con sistema de iluminación y sistema de acoplamiento rápido a la instalación eléctrica de la nave industrial. Capacidad de resistencia al fuego RF120.			
		4	64.440,98	257.763,93
3.4.6	CONTENEDOR 20' RF120 , contenedor marítimo con sistema de iluminación y sistema de acoplamiento rápido a la instalación eléctrica de la nave industrial. Capacidad de resistencia al fuego RF120.			
		2	31.495,89	62.991,78
TOTAL SUBCAPITULO 03.04.....				726.315,37
TOTAL CAPITULO 03.....				2.058.753,77



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 04. EQUIPOS PRODUCTIVOS				
SUBCAPITULO 04.01. FABRICACION CONCHAS Y VIGAS I Y II				
4.1.1	MOLDE CONCHAS PALA 61,5 m , fabricado mediante tubo estructural soldado y superficie en material compuesto resistente a altas temperatura, con hilo radiante como sistema de calentamiento y sistema de volteo integrado.			
		1	1.000.000,00	1.000.000,00
4.1.2	MOLDE VIGA I PALA 61,5 m , fabricado mediante tubo estructural soldado y superficie en material compuesto resistente a altas temperatura, con hilo radiante como sistema de calentamiento.			
		1	250.000,00	250.000,00
4.1.3	MOLDE VIGA II PALA 61,5 m , fabricado mediante tubo estructural soldado y superficie en material compuesto resistente a altas temperatura, con hilo radiante como sistema de calentamiento.			
		1	200.000,00	200.000,00
4.1.4	EQUIPO APLICADOR DE GEL-COAT , equipo dosificador e inyector de gel-coat 2C Gel-Coat ELDO-MIX con capacidad de salida de 3 l/min, equipado con ruedas y brazo de 3m de longitud.			
		2	63.986,00	127.972,00
4.1.5	EQUIPO APLICADOR DE ADHESIVO , equipo dosificador e inyector de adhesivo 2C ELDO-MIX Glue Resin con capacidad de salida de 20 l/min, equipado con ruedas y brazo de 3m de longitud.			
		2	108.390,86	216.781,72
4.1.6	EQUIPO INYECTOR DE RESINA EPOXI , equipo dosificador e inyector de resina y catalizador ELDO-MIX 2C Infusion Resin, con capacidad de salida de 20 l/min, equipado con sistema de vacío y ruedas.			
		4	151.747,40	606.989,60
4.1.7	PORTICO DESBOBINADOR , pórtico móvil sobre molde de conchas, con sistema de desbobinado de carrestes de fibra de vidrio.			
		2	15.000,00	30.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 04.01.....				2.431.743,32



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 04.04. MECANIZADO Y ACABADO				
4.2.1	MAQUINA DE TALADRADO/REFRENTADO , máquina con bancada de acero, brazo giratorio 360° de Ø3,2 m, cabezal orientable a 0°-90° con cambiador automático de hta. Con utillaje para voltear la pala.	1	800.000,00	800.000,00
4.2.2	SOPORTE DE PALA PARA MECANIZADO , soporte fijo para apoyo de la pala durante las operaciones de taladrado y refrentado.	1	5.000,00	5.000,00
4.2.3	VOLTEADOR DE PALA PARA MECANIZADO Y ACABADO , soporte para apoyo de la pala durante las operaciones de taladrado y refrentado y volteador durante las operaciones de acabado.	1	50.000,00	50.000,00
4.2.4	PLATAFORMA ELEVADORA NEUMÁTICA , plataforma neumática modelo Liftman con capacidad de carga máxima 140 kg, altura de elevación 3 m y tamaño de cesta 760 mm x 600 mm.	6	11.946,40	71.678,40
4.2.5	ASPIRADOR INDUSTRIAL , unidad de aspiración industrial de 2x1.100 W de potencia equipado con ruedas e interruptor neumático.	8	590,00	4.720,00
4.2.6	MATERIAL AUXILIAR ACABADOS , lijadoras y pulidoras orbitales, sierras circulares, desbarbadoras, taladros, llaves fijas, carros portaherramientas, ...	1	100.000,00	100.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 04.02.....				1.031.398,40
SUBCAPITULO 04.03. EQUIPOS DE MANIPULACION				
4.3.1	PORTICO GRUA 12Tn , pórtico grúa capacidad de carga 12 Tn, distancia entre raíles 22m y altura libre de 8,2 m bajo gancho alimentado mediante línea eléctrica blindada.	2	99.000,00	198.000,00
4.3.2	MANIPULACION DE MATERIALES , caretila elevadora 8 Tn, transpaletas, útiles de manipulación de bidones, útiles de manipulación de depósitos IBC, cubetos de retención, ...	1	60.000,00	60.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 04.03.....				258.000,00
SUBCAPITULO 04.04. CALIDAD				
4.4.1	UTILLAJES DE CALIDAD , calibres, durómetros, útil medición cero pala, plantillas medición borde de ataque y borde de salida, medición conductibilidad para rayos, útiles de pesaje y equilibrado, tampones pasa no pasa, ...	1	150.000,00	150.000,00
4.4.2	MATERIAL DE LABORATORIO , medición reactividad DSC, viscosímetros, vacuómetros, balanzas, ...	1	65.000,00	65.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 04.04.....				215.000,00
SUBCAPITULO 04.05. MOBILIARIO				
4.5.1	MOBILIARIO , estanterías, armarios, taquillas, mesas, sillas, PC's, ...	1	63.000,00	63.000,00
TOTAL SUBCAPITULO 04.05.....				63.000,00
TOTAL CAPITULO 04.....				3.999.141,72



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 05. INSTALACION NEUMÁTICA				
5.1	COMPRESOR , compresor de aire comprimido con las siguientes características: Presión nominal compresor (bar) : 6, Caudal (m³/h) : 249, Potencia (kW) : 30.			
		1	5.546,00	5.546,00
5.2	DEPÓSITO , depósito de almacenamiento de aire comprimido con las siguientes características: Presión de diseño (bar) : 6, Volumen depósito (l) : 720.			
		1	1.416,00	1.416,00
5.3	CANALIZACIONES . Conjunto de canalizaciones y válvulas que alimentan el aire comprimido desde el depósito de acumulación hasta los elementos que lo consumen.			
		1	1.503,00	1.503,00
TOTAL CAPÍTULO 05.....				8.465,00



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 06. CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN				
SUBCAPITULO 06.01. PRODUCCIÓN DE ENERGÍA				
6.1.1	UNIDAD EXTERIOR , unidad exterior aparatos autónomos bomba de calor tipo VRV para la zona de Nave, de las siguientes características: - Potencia frigorífica: 28 kW - Potencia eléctrica consumida: 7,7 kW - Potencia calorífica: 17.4 kW - Marca/modelo: DAIKIN / ERQ250AW lo equivalente Completamente instalada, incluyendo primera carga de fluido refrigerante y primera carga de aceite incongelable a la temperatura de trabajo.	6	555,78	3.334,68
6.1.2	BANCADA DE INERCIA , bancada de inercia para bomba de calor , formada por losa de hormigón armado de 20 cm y amortiguadores metálicos adecuados al peso de bomba de calor.Completamente instalada.	6	133,40	800,40
TOTAL SUBCAPITULO 06.01.....				4.135,08
SUBCAPITULO 06.02. ELEMENTOS TERMINALES				
6.2.1	UNIDAD DE TRATAMIENTO DE AIRE , unidad de tratamiento de aire para la zona de NAVE LATERAL 1, con referencia RC01, de construcción intemperie y disposición horizontal, ejecución normal, formado por ventilador/es eléctrico/s de tipo centrífugo, con palas de reacción y motor de velocidad variable, batería/s de agua en tubo de cobre y aletas de aluminio y sección/es de filtrado, según clasificación UNE-EN 779 con prefiltro G4 y etapa de filtrado F6 , y atenuación acústica en impulsión y/o retorno mediante silenciador/es acoplado/s, con las siguientes características: - Caudal de ventilador de impulsión: 6200 l/s - Batería de frío (mínimo 6 filas): 54000 kW - Batería de calor (mínimo 2 filas): 36000 kW - Caudal ventilador de retorno: 5000 l/s - Sección de free-cooling. - Sección de recuperación de calor estático (rendimiento mínimo 45%)	2	14.667,38	29.334,76
6.2.2	DESAGÜES , desagües para unidades climatizador a base de tubo de PVC-U rígido de 32 mm, incluso sifón, accesorios y conducido a bajante pluvial más próximo. Completamente instalado.	2	8,93	17,86
6.2.3	CAJA DE CONTROL , caja de control para conexión a climatizador con batería de expansión directa. Marca/modelo: DAIKIN / EKEQFCB o equivalente	2	563,28	1.126,56
6.2.4	BANCADA DE INERCIA , bancada de inercia para climatizador , formada por losa de hormigón armado de 20 cm y amortiguadores metálicos adecuados al peso de climatizador.Completamente instalada.	2	133,40	266,80
TOTAL SUBCAPITULO 06.02.....				30.745,98
Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador				148



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 06.03. DISTRIBUCIÓN DE AIRE				
6.3.1	JUEGO DE LONAS , juego de lonas antivibratorias para instalar en la toma y descarga de aire del ventilador. Completamente instalado.			
		4	28,70	114,80
6.3.2	m. CONDUCTO CIRCULAR HELICOIDAL , conducto circular helicoidal, construido en plancha de acero galvanizado clase C, de 500 mm de diámetro y esperores según la norma UNE 100-102-88, con p.p. de juntas, accesorios, soportes y aberturas de servicio según IT1.1.4.3.4 y UNE-ENV 12097. Completamente instalado.			
		220	76,14	16.750,80
6.3.3	m. CONDUCTO CIRCULAR HELICOIDAL , Conducto circular helicoidal, construido en plancha de acero galvanizado clase C, de 560 mm de diámetro y esperores según la norma UNE 100-102-88, con p.p. de juntas, accesorios, soportes y aberturas de servicio según IT1.1.4.3.4 y UNE-ENV 12097. Completamente instalado.			
		220	92,61	20.374,20
6.3.4	TOBERA , tobera de impulsión con referencia MT01, con marco de montaje en conducto, construida en aluminio y de 100 mm de diámetro de cuello, para ejecución fija, con todos sus elementos de fijación y regulación de caudal. Acabado: lacado. Posicionamiento: orientable. Marca/modelo: MOVAIR / 10 x TAD100 + 10 x RG100 o equivalente. Completamente instalada.			
		40	117,83	4.713,20
6.3.5	REJILLA , rejilla de extracción con referencia RE04, construida en aluminio, de 625 x 225 mm, con lamas horizontales ajustables individualmente, rectificador de aire, regulación de caudal y premarco, acabado lacado, con todos sus elementos de fijación. Completamente instalada en parte baja de la nave. Marca/modelo: TROX / AT-AG/625x225 o equivalente			
		40	89,38	3.575,20
TOTAL SUBCAPITULO 06.03.....				45.528,20
SUBCAPITULO 06.04. CONEXIÓN ELÉCTRICA Y CONTROL				
6.4.1	ALIMENTACIÓN A UNIDAD EXTERIOR , alimentación a unidad exterior bomba de calor, incluyendo cables y canalización a receptor y parte proporcional de línea desde cuadro de zona. Características: Derivación a receptor: Cables de cobre RZ1-K 0,6/1 kV, tubo de material aislante rígido no propagador de la llama y de acuerdo con la norma UNE-EN 50086-1, protección superficial fija y dimensionado según ITC-BT-21. Cajas aislantes IP.55 con tapa atornillada y entradas elásticas/roscadas. Línea desde cuadro: Cable de cobre RZ1-K 0,6/1 kV bandeja metálica perforada no propagador de la llama y de acuerdo con la norma UNE-EN 50085-1 con tapa, accesorios y soportaciones. Configuración del cable y sección de los conductores según esquema unifilar del proyecto. Completamente instalado.			
		6	283,83	1.702,98



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
6.4.2	ALIMENTACIÓN A CLIMATIZADOR , alimentación a climatizador, incluyendo cables y canalización a receptor y parte proporcional de línea desde cuadro de zona. Características: Derivación a receptor: Cables de cobre RZ1-K 0,6/1 kV, tubo de material aislante rígido no propagador de la llama y de acuerdo con la norma UNE-EN 50086-1, protección superficial fija y dimensionado según ITC-BT-21. Cajas aislantes IP.55 con tapa atornillada y entradas elásticas/roscadas. Línea desde cuadro: Cable de cobre RZ1-K 0,6/1 kV bandeja metálica perforada no propagador de la llama y de acuerdo con la norma UNE-EN 50085-1 con tapa, accesorios y soportaciones. Configuración del cable y sección de los conductores según esquema unifilar del proyecto. Completamente instalado.	2	352,79	705,58
6.4.3	CONEXIONADO DE CONTROL , conexionado de control incluyendo conductor de cobre s/UNE RZ1-K 0,6/1 kV, bajo tubo de material aislante flexible/rígido de protección 7 o 9 no propagador de la llama y de acuerdo con la norma UNE-EN 50086-1, desde subestación de zona hasta punto de control, de acuerdo con las condiciones señaladas en memoria, planos y especificaciones técnicas. Sección conductor: 1,5 mm ² . Completamente instalado.	4	49,31	197,24
6.4.4	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN SECUNDARIO , cuadro de distribución secundario, formado por armario/s metálico/s combinables con paneles de chapa tratada de 15/10 sobre estructura de perfil perforado; puerta frontal con cerradura, paneles de cierre, placas soportes y tapas, albergando en su interior los mecanismos de mando y protección grafiados en el esquema correspondiente. Acabado con pintura epoxy-poliéster. IP 31/IK.07. Con todos sus elementos y accesorios para su conexionado. Completamente instalado. Referencia: Cuadro Secundario Climatización.	1	4.106,61	4.106,61
6.4.5	SONDA DE TEMPERATURA , sonda de temperatura para conductos de aire, con un rango de medida entre -30 y +130 °C, con salida analógica entre 0-10 V y longitud de vaina según Especificaciones Técnicas. Completamente instalada. Marca/modelo: SIEMENS / HONEYWELL / JOHNSON CONTROLS o equivalente	4	101,25	405,00
6.4.6	SONDA DE HUMEDAD , sonda de humedad relativa de aire en conductos, con un rango de medida entre 10 y 90 %, con salida analógica entre 0-10 V. Completamente instalada. Marca/modelo: SIEMENS / HONEYWELL / JOHNSON CONTROLS o equivalente	4	104,07	416,28
6.4.7	SUMINISTRO E INSTALACIÓN DE CONTROL , suministro e instalación de control centralizado para un máximo de 6 ampliable unidades interiores, incluso parte proporcional de accesorios, elementos de soportación y conexión. Con las siguientes funciones mínimas: control de velocidad de los ventiladores, control de temperatura, ON/OFF. Marca/modelo: SIEMENS/HONEYWELL/JHONSON CONTROL o equivalente.	1	3.256,93	3.256,93
TOTAL SUBCAPITULO 06.04.....				10.790,62
TOTAL CAPITULO 06.....				91.199,88
Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador				150



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 07. INSTALACIONES PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS				
SUBCAPITULO 07.01. RED DE EQUIPOS DE MANGUERA				
7.1.1	GRUPO DE PRESIÓN CONTRA INCENDIOS , grupo de presión contra incendios todo eléctrico de las siguientes características técnicas: Definición del equipo: - Según norma: UNE 23500-90 - Número de bombas: jockey+eléctrica Prestaciones: - Caudal total: 3,33 l/s - Presión máxima de trabajo: 628 kPa - Potencia eléctrica: 0,9 + 5,5 kW Conexiones: - Colector de impulsión: DN50 - Colector de aspiración: construido en obra DN65 Con las siguientes características constructivas y compuesto de los siguientes elementos: - Bomba principal de arranque automático y paro manual. - Bomba jockey de arranque y paro automáticos. - Motores eléctricos asíncronos, rotor en jaula de ardilla, protegidos contra polvo y goteo. - Válvula de seguridad 25 mm en línea de impulsión bomba principal con escape conducido a depósito. - Acumulador hidroneumático de membrana recambiable (24 litros), timbrado por Delegación de Industria con válvula de corte y conexión a colector de impulsión del grupo de presión.			
		1	2.630,14	2.630,14
7.1.2	ELEMENTOS COMPLEMENTARIOS , conjunto de elementos complementarios para grupo de presión Contra Incendios compuesto por conos reductores excéntricos con la generatriz superior horizontal, placa antivortice, carretes de enlace, tuberías y accesorios necesarios según esquemas, memoria y especificaciones			
		1	344,70	344,70
7.1.3	VÁLVULA DE MARIPOSA , válvula de mariposa, para montaje entre bridas, de 50 mm de diámetro, PN-16 , con mando de accionamiento manual por palanca y juego de accesorios. Completamente instalada. Marca/modelo : AMVI o equivalente			
		1	49,04	49,04
7.1.4	VÁLVULA DE RETENCIÓN , válvula de retención doble clapeta , con montaje entre bridas, de 50 mm de diámetro, PN - 10 , con juego de accesorios. Completamente instalada. Marca/modelo: RUBER-CHECK o equivalente			
		1	85,82	85,82
7.1.5	INTERRUPTOR DE FLUJO PARA LÍQUIDOS , interruptor de flujo para líquidos, formado por lengüeta de acero inoxidable, con salida digital (contactos libres de tensión). Completamente instalado. Marca/modelo: SIEMENS / HONEYWELL / JOHNSON CONTROLS o equivalente			
		1	54,31	54,31
Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador				151



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
7.1.6	TOMA DE ALIMENTACIÓN , toma de alimentación para la instalación de Bocas de Incendio Equipadas tipo IPF-41 formada por armario metálico, puerta metálica con inscripción alusiva al uso, incluyendo en su interior una conexión siamesa en aluminio, formada por dos bocas de diámetro 65 mm con válvulas de esfera y bola de acero inoxidable accionadas mediante 1/4 de vuelta, racores tipo Barcelona provistos de tapón y cadenilla, boca de entrada de diámetro 80 mm. Completamente instalada.	1	245,44	245,44
7.1.7	VÁLVULA DE MARIPOSA , válvula de mariposa, para montaje entre bridas, de 80 mm de diámetro, PN-16, con mando de accionamiento manual por palanca y juego de accesorios. Completamente instalada. Marca/modelo : AMVI o equivalente	1	73,73	73,73
7.1.8	VÁLVULA DE RETENCIÓN , válvula de retención doble clapeta , con montaje entre bridas, de 80 mm de diámetro, PN - 10 , con juego de accesorios. Completamente instalada. Marca/modelo: RUBER-CHECK o equivalente	1	120,57	120,57
7.1.9	BOCA DE INCENDIOS , boca de incendios equipada (BIE) diámetro 25 mm (s/UNE-EN 671-1:2001) montada y conectada, compuesta por: armario metálico para montar adosado , con puerta acristalada, pintada en rojo, bisagras, cierre y tirador, de dimensiones 650x680x195 mm, 20 m de manguera semirígida de diámetro 25 mm (UNE-EN 694:2001) con cuerpo de caucho sintético e interior de fibras multifilamento de poliéster y trama monofilamento de material sintético semirígido (presión de rotura 80 bar), devanadera de chapa para montar en armario con soporte pivotante, lanza de agua multifecto con cuerpo de policarbonato, válvula de paso con enlace de DN 25 homologada, manómetro de glicerina graduado de 0 a 16 bar con lira y llave de paso y accesorios. Completamente instalada.	6	226,15	1.356,90
7.1.10	m. TUBERIA DE ACERO , tubería de acero galvanizado estirado, según UNE 19.048, de 65 mm de diámetro nominal, con p.p. de uniones y accesorios roscados y elementos de sujeción; descripción T-GR-UNE 19.048. Completamente instalada.	60	26,03	1.561,80
7.1.11	m. TUBERIA DE ACERO , tubería de acero galvanizado estirado, según UNE 19.048, de 50 mm de diámetro nominal, con p.p. de uniones y accesorios roscados y elementos de sujeción; descripción T-GR-UNE 19.048. Completamente instalada.	20	22,31	446,20
7.1.12	m. TUBERIA DE ACERO , tubería de acero galvanizado estirado, según UNE 19.048, de 32 mm de diámetro nominal, con p.p. de uniones y accesorios roscados y elementos de sujeción; descripción T-GR-UNE 19.048. Completamente instalada.	34	16,71	568,14
TOTAL SUBCAPITULO 07.01.....				7.536,79



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 07.02. EXTINTORES				
7.2.1	EXTINTOR PORTÁTIL , extintor portátil manual homologado según UNE 23.110 de polvo seco ABC de eficacia 21A-113B y 9 kg de capacidad, con presión adosada al exterior, dispositivo de interrupción de salida del agente extintor y boquilla con manguera direccional, incluyendo soportes. Completamente instalado.	14	92,78	1.298,92
7.2.2	EXTINTOR PORTÁTIL , extintor portátil manual homologado según UNE 23.110 de anhídrido carbónico, de eficacia 89B y 5 kg de capacidad con dispositivo de interrupción de salida del agente extintor y manguera con boquilla difusora, incluyendo soportes. Completamente instalado. Marca/modelo: BILI5 o equivalente.	5	51,44	257,20
7.2.3	EXTINTOR PORTÁTIL , extintor sobre carro de polvo seco ABC, de 50 kg de capacidad, con presión adosada al exterior, dispositivo de interrupción de salida del agente extintor y boquilla con manguera direccional. Completamente instalado. Marca/modelo: Grupo de Incendios Star o equivalente	20	464,51	9.290,20
7.2.4	EXTINTOR PORTÁTIL , extintor portátil manual homologado según UNE 23.110 de polvo seco ABC de eficacia 34A-144B y 9 kg de capacidad, con presión adosada al exterior, dispositivo de interrupción de salida del agente extintor y boquilla con manguera direccional, incluyendo soportes. Completamente instalado. Marca/modelo: o equivalente	12	92,78	1.113,36
TOTAL SUBCAPITULO 07.02.....				11.959,68
SUBCAPITULO 07.03. DETECCIÓN AUTOMÁTICA DE INCENDIOS				
7.3.1	CENTRAL DE INCENDIOS , central de incendios analógica de 2 lazos y un total de 200 puntos de indentificación individual por lazo, compuesta por: unidad de control, pantalla LCD y teclado, chasis de fijación a interconexión de circuitos, cableado, tarjetas de lazo o líneas de detección necesarias, tarjeta de comunicación RS232 para impresora, terminal PC y programa, gráficos, software de configuración para carga y descarga de programación, fuente de alimentación y baterías de emergencia, montado en cabina metálica con los accesorios y elementos necesarios para su montaje y funcionamiento. Completamente instalada. Marca/modelo: SCHNEIDER FXM NET/ES + Tarjeta FX-LC + Bateías BAT12V12AH o equivalente .	1	960,88	960,88
7.3.2	SOFTWARE , conjunto de programación y puesta en marcha del sistema de detección de incendios compuesto por 198 puntos incluyendo software estándar, programación específica, pruebas y demostraciones para su perfecto funcionamiento. Completamente instalado. Marca/modelo: SCHNEIDER o equivalente	1	370,00	370,00
7.3.3	FUENTE DE ALIMENTACIÓN , fuente de alimentación en cabina metálica con entrada a 230 V y salida a 24 Vcc y 2,5 A. Incluso baterías de emergencia en el interior para funcionamiento de 72 horas en emergencia y 30 minutos en alarma. Incluso accesorios y conectores. Completamente instalado. Marca/modelo: SCHNEIDER DPM24/25 o equivalente	1	239,63	239,63



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
7.3.4	PULSADOR MANUAL , pulsador manual de alarma con identificación colectiva, para montaje adosado o empotrado, con cubierta de protección, caja y embellecedor, con piloto señalizador. Completamente instalado. Marca/modelo: SCHNEIDER MCP5A-RP02FF o equivalente.	20	11,43	228,60
7.3.5	SIRENA ELECTRÓNICA INTERIOR , sirena electrónica de alarma para interiores, de PVC, de dos tonos, con piloto luminoso intermitente, incluyendo embellecedor y caja de protección. Completamente instalada. Marca/modelo: SCHNEIDER WMSST-RR-P01 o equivalente.	3	22,88	68,64
7.3.6	SIRENA ELECTRÓNICA EXTERIOR , sirena electrónica de alarma para exteriores, metálica, de dos tonos, con piloto luminoso intermitente, incluyendo embellecedor y caja de protección para intemperie. Completamente instalada. Marca/modelo: SCHNEIDER CM6100 o equivalente.	2	50,10	100,20
7.3.7	ALIMENTACIÓN , alimentación a la central de incendios, incluyendo cables y canalización a receptor y parte proporcional de línea desde cuadro de zona. Características: Derivación a receptor: Cables de cobre RZ1-K 0,6/1 kV, tubo PVC rígido clase M1 (UNE 23-727-90), protección superficial fija y dimensionado según ITC-BT-21. Cajas aislantes IP.55 con tapa atomillada y entradas elásticas/roscadas. Línea desde cuadro: Cable de cobre RZ1-K 0,6/1 kV bandeja metálica perforada clase M1 con tapa, accesorios y soportaciones. Configuración del cable y sección de los conductores según esquema unifilar del proyecto. Completamente instalado.	1	130,02	130,02
7.3.8	PUNTO DE CONEXIONADO , punto de conexionado de elementos de detección automática de incendios, desde las unidades de control de líneas incluyendo parte proporcional de tubo plástico libre de halógenos y baja emisión de humos rígido en ejecución vista o en falso techo, y tubo plástico libre de halógenos y baja emisión de humos corrugado flexible para instalaciones empotradas, cableado, cajas de derivación y montaje del hilo conductor bajo tubo. Completamente instalado.	25	24,84	621,00
TOTAL SUBCAPITULO 07.03.....				2.718,97



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 07.04. SEÑALIZACIÓN Y VARIOS				
7.4.1	PLACA FOTOLUMINISCENTE , placa fotoluminiscente de señalización de elementos de extinción de incendios, para señalización de pulsadores, de dimensiones 210x297 mm, fabricada en PVC. Completamente instalada.			
		29	6,60	191,40
7.4.2	PLACA FOTOLUMINISCENTE , placa fotoluminiscente de señalización de elementos de extinción de incendios, para señalización de extintores, de dimensiones 210x297 mm, fabricada en PVC. Completamente instalada.			
		6	6,77	40,62
7.4.3	PLACA DE SEÑALIZACIÓN , placa de señalización de elementos de evacuación, para señalización de SALIDA, de dimensiones 297x148 mm, fabricada en aluminio. Completamente instalada.			
		39	7,97	310,83
7.4.4	PLACA DE SEÑALIZACIÓN , placa de señalización de elementos de evacuación, para señalización de recorridos de evacuación en pasillos, de dimensiones 297x148 mm, fabricada en aluminio.			
		15	7,97	119,55
TOTAL SUBCAPITULO 07.04.....				662,40
TOTAL CAPITULO 07.....				18.511,08



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
CAPITULO 08. INSTALACIÓN ELÉCTRICA				
SUBCAPITULO 08.01. ILUMINACIÓN				
8.1.1	LUMINARIA PHILIPS SPK110 , campana industrial SPK, marca Philips, versión SPK110 (incluye unidad eléctrica, reflector de aluminio y lámpara), IP23. Para una lámpara de vapor de sodio incluida (1x SON 250W/220 E40 ISL).	130	226,56	29.452,80
8.1.2	LUMINARIA DE EXTERIOR THORLUX , luminaria de exterior Thorlux, familia Starguard, modelo STG 11001, dotada de lámpara de 250 W SON-T, montada sobre soporte cilíndrico anclado a la pared.	22	247,80	5.451,60
8.1.3	LUMINARIA DE EMERGENCIA ,	22	165,00	3.630,00
TOTAL SUBCAPITULO 08.01.....				38.534,40
SUBCAPITULO 08.02. RED DE TIERRAS Y PARARRAYOS				
8.2.1	m CONDUCTOR DE COBRE , conductor de cobre desnudo recocido de 50 mm ² de sección nominal y una resistencia eléctrica a 20°C no superior a 0,386 Ohm/km, colocado enterrado a una profundidad de 80 cm. de la última solera transitable e incluyendo parte proporcional de soldaduras aluminotérmicas y grapas de conexión de acero galvanizado en caliente. Completamente instalado.	330	6,27	2.069,10
8.2.2	PICA DE ACERO , pica de acero cobre de 2 m de longitud y 19 mm de diámetro clavada verticalmente en el terreno y unida a la malla mediante soldadura aluminotérmica, instalada en el interior de una arqueta de fábrica de 40x40 cm con tapa registrable y sumidero. Completamente instalada. Marca/modelo: Ingesco o equivalente	16	187,16	2.994,56
8.2.3	SISTEMA DE RED EQUIPOTENCIAL , sistema de red equipotencial en baños y aseos mediante el conexionado de cada una de las partes metálicas de grifos, desagües, rejillas, etc., con conductores de 4 mm ² de sección con aislamiento no propagador del incendio y sin emisión de humos ni gases tóxicos y corrosivos de 750 V, incluso tubo flexible para las conexiones, cajas de paso, etc. Completamente instalado.	9	38,46	346,14
TOTAL SUBCAPITULO 08.02.....				5.409,80



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 08.03. GRUPO ELECTRÓGENO				
8.3.1	GRUPO ELECTRÓGENO , grupo electrógeno formado por un motor diesel refrigerado por agua con radiador en chasis, embocadura al silenciador de salida, filtros, regulador electrónico de velocidad y sistema de engrase y un alternador trifásico autoexcitado, protección IP.22, aislamiento H, con regulación electrónica de tensión. Características: - Potencia servicio: 600 kVA. - Tensión: 400/230 V. - Frecuencia: 50 Hz.			
		2	129.281,55	258.563,10
8.3.2	m. CHIMENEA DE ESCAPE DE GASES , chimenea de escape de gases del motor de grupo electrógeno, de 300 mm de diámetro, constituida por dos cilindros de acero inoxidable tipo AISI 304 engatillados, que encierran una cámara aislante con manta de fibras minerales de alta densidad, de espesor mínimo 62,5 mm, dispuestas para soportar temperaturas hasta 600 °C con p.p. de accesorios, soportes, juntas y módulo final tipo sombrerete. Completamente instalada. Marca/modelo: DINAK GE-1 o equivalente			
		4	232,75	931,00
8.3.3	SILENCIADOR REACTOR CILINDRICO , silenciador reactivo cilíndrico con núcleo, especial para salida de gases de grupos electrógenos, de 300 mm de diámetro de conexión con atenuación mínima de 35 dB a 250 Hz, incluyendo accesorios y soportes. Completamente instalado. Marca/modelo: SDMO o equivalente			
		2	1.300,60	2.601,20
8.3.4	SILENCIADOR RECTANGULAR ESPECIAL , silenciador rectangular especial para instalaciones de ventilación de 2100 mm de ancho, 2100 mm de alto y 1500 mm de longitud, distancia entre celdillas de 150 mm, con atenuación mínima de 25 dB a 250 Hz. Incluyendo accesorios y soportes. Completamente instalado. Marca/modelo: ACUSTICA INTEGRAL SN15/20-2 o equivalente Según fichas técnicas de proyecto.			
		4	2.032,39	8.129,56
8.3.5	AMORTIGUADOR , amortiguador de tipo metálico para instalar en los soportes de grupo electrógeno, flecha de trabajo no inferior a 4 cm y para un peso de 900 Kg. Completamente instalado. Marca/modelo: VIBRACHOC o equivalente.			
		12	40,27	483,24
8.3.5	JUEGO DE LONAS ANTIVIBRATORIAS , juego de lonas antivibratorias para instalar en la toma y descarga de aire del ventilador. Completamente instalado.			
		2	28,70	57,40
TOTAL SUBCAPITULO 08.03.....				270.765,50



CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
SUBCAPITULO 08.04. CUADRO GENERAL				
8.4.1	EMBARRADO DE TRANSPORTE COMPACTO , embarrado de transporte compacto, con conductores de aluminio, configuración III+N+T, con aislamiento de material clase B, grado de protección IP 54, envolvente de chapa de acero galvanizado, incluyendo accesorios, soportaciones, piezas especiales y piezas de conexión. Tensión nominal 750 V. Intensidad nominal 2000 A. Completamente instalado. Marca/modelo: SCHNEIDER KTA-2000 o equivalente	1	641,12	641,12
8.4.2	CUADRO DE DISTRIBUCIÓN , cuadro de distribución principal, formado por armario/s metálico/s combinables con paneles de chapa tratada de 15/10 sobre estructura de perfil perforado; puerta frontal con cerradura, paneles de cierre, placas soportes y tapas, albergando en su interior los mecanismos de mando y protección grafiados en el esquema correspondiente. Acabado con pintura epoxy-poliéster. IP 31 . Con todos sus elementos y accesorios para su conexión. Completamente instalado. Referencia: CUADRO GENERAL BAJA TENSION (CGBT) . Marca/modelo: SIEMENS SIVACON S4 o equivalente . Total de salidas: s/esquema . Potencia total: 800 kW .	1	282.526,00	282.526,00
8.4.3	CABLEADO Y CONEXIONADO , cableado y conexionado desde	1	750,00	750,00
TOTAL SUBCAPITULO 08.04.....				283.917,12
TOTAL CAPITULO 08.....				598.626,82



CAPÍTULO 5:

ANÁLISIS DE RENTABILIDAD



5.1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente análisis es conocer si la inversión que es necesario realizar para adquirir una planta de fabricación móvil de aerogeneradores resulta rentable.

Para analizar la rentabilidad del proyecto se van a comparar los costes de fabricación y transporte asociados a fabricar las palas en una planta fija, situada en España, con los mismos costes asociados a la planta móvil.

El análisis tiene las siguientes premisas:

- El coste de materia prima es el mismo en ambas plantas,
- La cadencia de fabricación es la misma en ambas plantas, 1 al día,
- La mano de obra necesaria es la misma en ambas plantas,
- La planta fija está ya amortizada,
- La planta móvil necesita 6 meses para realizar un movimiento,
- La planta móvil no para de trasladarse y fabricar,
- El consumo de energía es el mismo en ambas plantas,
- La vida útil de la planta móvil es de 20 años,
- El tamaño estándar de parques es de 43 máquinas, 129 palas,
- Tipo de actualización anual de la moneda 3%.

Puesto que el coste de materia prima es el mismo en ambas plantas no se tendrá en cuenta en el análisis de rentabilidad.

Los costes a tener en cuenta en el análisis, por ser diferentes en un modelo de fabricación que en el otro, serán los siguientes:

- Coste de mano de obra,
- Coste de transporte de palas a destino,
- Coste de la energía,
- Coste de montaje, desmontaje y homologación,
- Coste de transporte de la nave,
- Coste de reposición de la nave,
- Coste de transporte de la materia prima,
- Amortización de la inversión,
- Coste por viajes.

Para el análisis se considerarán 4 posibles países en los que instalar un parque eólico, y por lo tanto transportar las palas o la planta móvil. Los países son Estonia, USA lado del Atlántico o Brasil, USA lado del Pacífico y Australia o China.

Los criterios para la selección de los países han sido que sea necesario hacer un transporte marítimo y que estén a distancias significativamente diferentes de España.



5.2. COSTES DE FABRICACIÓN EN PLANTA FIJA

A continuación se describen los costes asociados a fabricar las palas en una planta fija que se tendrán en cuenta en el análisis de rentabilidad.

En una planta de fabricación fija, dada su naturaleza, los únicos costes que aparecen son los siguientes:

- Coste de mano de obra,
- Coste de transporte de palas a destino,
- Coste de la energía.

Se estima que la capacidad de producción de una planta fija es de 260 palas al año; 5 a la semana produciendo las 52 semanas del año.

5.2.1. COSTE DE MANO DE OBRA

Se ha calculado que la mano de obra necesaria para producir una pala al día es de 79 personas. Estas personas se distribuirán de la siguiente forma:

- Gerencia: 1 persona,
- Ingeniería: 6 personas,
- Jefes de equipo: 9 personas,
- Obreros, mantenimiento, administrativos y limpieza: 60 personas.

En la siguiente tabla se estiman los salarios brutos anuales de la mano de obra que compone la plantilla de la planta fija. Se calcula también el coste de mano de obra por pala fabricada.

SALARIOS MO			
	Cantidad	Salario	Total
Gerente	1	60.000	60.000
1 nivel	6	40.000	240.000
2 nivel	9	30.000	270.000
3 nivel	60	25.000	1.500.000
TOTAL			2.070.000
€/pala			7.962

5.2.2. COSTE DE TRANSPORTE DE PALAS AL DESTINO

Para el transporte de las palas será necesario hacer un recorrido en camión en España desde la planta de fabricación fija hasta el puerto de mercancías más cercano (estimado en 200 km). Luego habrá que transportar las palas en barco hasta el país de destino. Una vez allí habrá que volver a transportar en camión la pala hasta el parque eólico (estimados 200 km).



Una pala cubica, a la hora de transportarla, como un paralelepípedo de diagonal 5 m (cuerda máxima de la pala) y longitud 61,5 m. Esto hace un total de 769 m³.

Tras consultar con empresas de transporte se obtienen los siguientes precios por pala y por destino:

Costo Europa		
Concepto	€/m ³	Pala
TT Nacional		2.700
Carga	5	3.844
Flete	25	19.219
Descarga	10	7.688
TT Internacional		5.400
Suma		38.851
Otros (20%)		7.770
TOTAL		46.621

USA (Atlant.)/Brasil		
Concepto	€/m ³	Pala
TT Nacional		2.700
Carga	5	3.844
Flete	50	38.438
Descarga	10	7.688
TT Internacional		5.400
Suma		58.070
Otros (20%)		11.614
TOTAL		69.684

USA Pacif		
Concepto	€/m ³	Pala
TT Nacional		2.700
Carga	5	3.844
Flete	60	46.126
Descarga	10	7.688
TT Internacional		5.400
Suma		65.757
Otros (20%)		13.151
TOTAL		78.909

Australia/China		
Concepto	€/m ³	Pala
Tpte. Nacional		2.700
Carga	5	3.844
Flete	80	61.501
Descarga	10	7.688
Tpte. Internacional		5.400
Suma		81.133
Otros (20%)		16.227
TOTAL		97.359

Se ha estimado que el coste de transportar en camión una pala en el país de destino es el doble que en España. El concepto “otros” que repercute en un 20% al coste del transporte de la pala es en concepto de retornos de embalajes, tasas de aduanas, almacenaje en puertos, auditorías, aranceles, etc.

Se estima que un transporte de estas características tarda en torno a 2 meses entre transporte en camión, carga y descarga del barco, y transporte marítimo.

5.2.3. COSTE DE LA ENERGÍA

Se ha calculado que los kWh necesarios para producir una pala de aerogenerador son 7.125,7. El precio del kWh está en torno 0,111 € para las empresas que tienen un alto consumo. Por lo tanto el coste energético por pala es de 790 €.

**5.2.4. COSTE TOTAL**

Sumando los costes antes obtenidos tenemos que para producir 260 palas (1 año) para cada país se obtiene el siguiente cuadro:

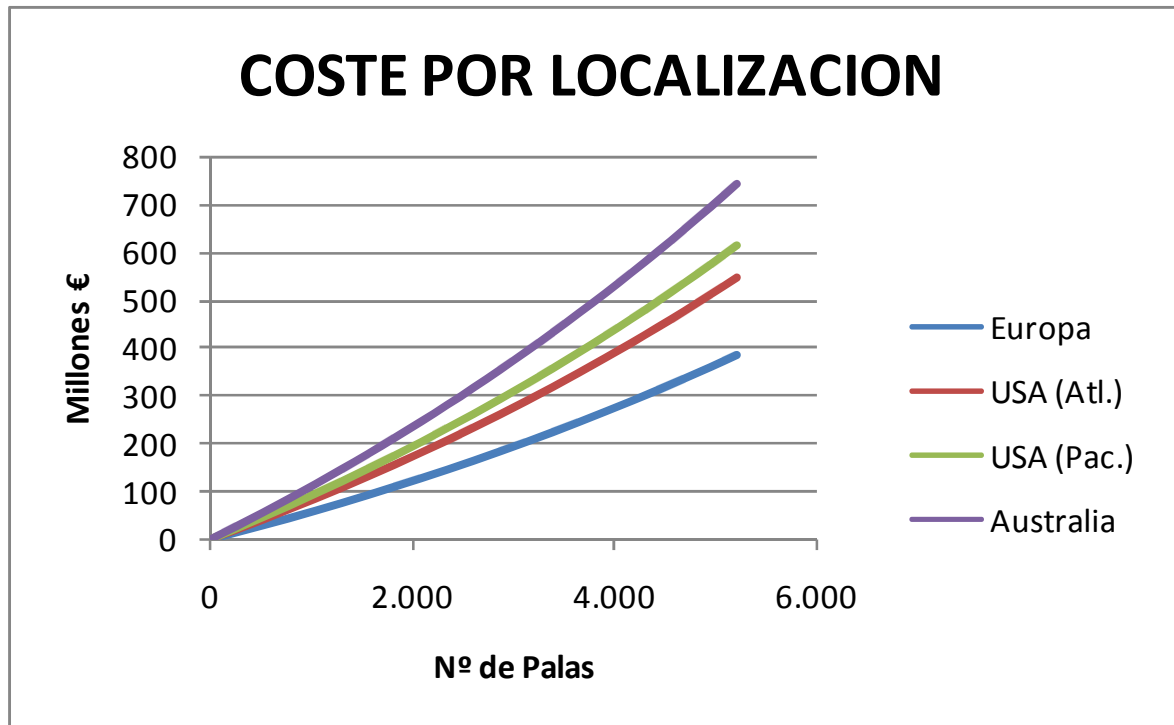
	Europa		USA (Atl.)		USA (Pac.)		Australia	
	€/Pala	260 Palas	€/Pala	260 Palas	€/Pala	260 Palas	€/Pala	260 Palas
MO	7.962	2.070.120	7.962	2.070.120	7.962	2.070.120	7.962	2.070.120
Transporte	46.621	12.121.460	69.684	18.117.840	78.909	20.516.340	97.359	25.313.340
Energía	790	205.400	790	205.400	790	205.400	790	205.400
TOTAL	55.373	14.396.980	78.436	20.393.360	87.661	22.791.860	106.111	27.588.860

Teniendo en cuenta un tipo de actualización anual de la moneda 3% tenemos los siguientes costes durante los 20 años de vida útil de la planta de fabricación fija en millones de euros:

Año	Nº Palas	Europa		USA (Atl.)		USA (Pac.)		Australia	
		M€/año	Total €	M€/año	Total €	M€/año	Total €	M€/año	Total €
1	260	14,397	14,397	20,393	20,393	22,792	22,792	27,589	27,589
2	520	14,829	29,226	21,005	41,399	23,476	46,267	28,417	56,005
3	780	15,274	44,500	21,635	63,034	24,180	70,447	29,269	85,274
4	1040	15,732	60,232	22,284	85,318	24,905	95,353	30,147	115,421
5	1300	16,204	76,436	22,953	108,271	25,652	121,005	31,052	146,473
6	1560	16,690	93,126	23,641	131,913	26,422	147,427	31,983	178,456
7	1820	17,191	110,316	24,351	156,263	27,215	174,642	32,943	211,399
8	2080	17,706	128,023	25,081	181,345	28,031	202,673	33,931	245,329
9	2340	18,238	146,260	25,834	207,178	28,872	231,545	34,949	280,278
10	2600	18,785	165,045	26,609	233,787	29,738	261,283	35,997	316,275
11	2860	19,348	184,394	27,407	261,194	30,630	291,913	37,077	353,352
12	3120	19,929	204,322	28,229	289,423	31,549	323,463	38,189	391,542
13	3380	20,527	224,849	29,076	318,499	32,496	355,958	39,335	430,877
14	3640	21,142	245,991	29,948	348,448	33,471	389,429	40,515	471,392
15	3900	21,777	267,768	30,847	379,294	34,475	423,904	41,731	513,123
16	4160	22,430	290,198	31,772	411,067	35,509	459,413	42,983	556,105
17	4420	23,103	313,301	32,725	443,792	36,574	495,987	44,272	600,377
18	4680	23,796	337,097	33,707	477,499	37,671	533,659	45,600	645,978
19	4940	24,510	361,607	34,718	512,217	38,802	572,460	46,968	692,946
20	5200	25,245	386,852	35,760	547,977	39,966	612,426	48,377	741,323



A continuación se muestra una gráfica que representa el coste total de fabricación para los diferentes países analizados:



Se puede ver que dependiendo de la distancia a la que se encuentra el país donde se van a instalar los parques eólicos varía mucho el coste final de las palas. Cuanto más cerca del país de fabricación de las palas, en este caso España, se encuentra el parque, más baratas salen las palas.

Esto es debido únicamente a los costes de transporte, ya que son básicamente los que se han tenido en cuenta en estos gráficos.

**5.3. COSTES DE FABRICACIÓN EN PLANTA MOVIL**

A continuación se describen los costes asociados a fabricar las palas en una planta móvil que se tendrán en cuenta en el análisis de rentabilidad.

En una planta de fabricación móvil los únicos costes que aparecen son los siguientes:

- Coste de mano de obra,
- Coste de la energía,
- Coste de montaje, desmontaje y homologación,
- Coste de transporte de la nave,
- Coste de reposición de la nave,
- Coste de transporte de la materia prima,
- Amortización de la inversión.

Suponiendo que los parques de aerogeneradores tienen un tamaño estándar de 43 máquinas, es decir 129 palas, se tiene que la planta estará produciendo 26 semanas (medio año). Como la planta necesita 6 meses para hacer un movimiento (montaje, desmontaje y transporte) se concluye que hará 1 movimiento al año.

Se han mostrado los salarios de la mano de obra que trabaja en una planta fija. Al trabajar en una planta en el extranjero, los salarios aumentan en concepto de compensaciones, dietas y alojamientos. Se estima una compensación respecto al salario bruto anual de un 70% en cada categoría de salarios, unas dietas de 50 € por persona y día y una compensación de 170 € por fin de semana de estancia en el extranjero.

El personal se alojará en casas alquiladas, con capacidad para 6 personas, a razón de un alquiler mensual de 1.200 € al mes.

En este caso se hace una distinción de gerencia, el de la planta de fabricación (gerente 1) y el responsable de los procesos de montaje y desmontaje (gerente 2).

El salario anual en mano de obra sería:

	SALARIOS MO					
	Bruto	Comp. 70%	F.Semana	Dietas	Alojam.	Total
Gerente 1	60.000	42.000	8.840	18.250	2.400	131.490
Gerente 2	50.000	35.000	8.840	18.250	2.400	114.490
1 nivel	40.000	28.000	8.840	18.250	2.400	97.490
2 nivel	30.000	21.000	8.840	18.250	2.400	80.490
3 nivel	25.000	17.500	8.840	18.250	2.400	71.990

**5.3.1. COSTE DE MANO DE OBRA DE FABRICACIÓN**

Se ha calculado que la mano de obra necesaria para producir una pala al día es de 79 personas. Estas personas se distribuirán de la siguiente forma:

- Gerencia: 1 persona,
- Ingeniería: 6 personas,
- Jefes de equipo: 9 personas,
- Obreros, mantenimiento, administrativos y limpieza: 60 personas.

En la siguiente tabla se estiman los salarios brutos anuales de la mano de obra que compone la plantilla de la planta móvil. Se calcula también el coste de mano de obra por pala fabricada:

SALARIOS MO			
	Cantidad	Salario	Total
Gerente 1	1	131.490	131.490
1 nivel	6	97.490	584.940
2 nivel	9	80.490	724.410
3 nivel	60	71.990	4.319.400
TOTAL AÑO			5.760.240
TOTAL 6 MESES			2.880.120
€/pala			22.327

5.3.2. COSTE DE LA ENERGÍA

Se ha calculado que los kWh necesarios para producir una pala de aerogenerador son 7.125,7. Un grupo electrógeno consume 155,8 l para producir 640 kWh. El precio del gasóleo C es de 1,083 €/l. Por lo tanto tenemos que el coste en energía es de:

$$C = \frac{155,8}{640} \times 7.125,7 \times 1,083 = 1.878 \text{ €/pala}$$

5.3.3. COSTE DE MONTAJE, DESMONTAJE Y HOMOLOGACIÓN

Estos costes son los relativos al alquiler de medios de montaje, medios de desmontaje y mano de obra necesaria para realizar estas operaciones. También hay que añadir a esta partida el coste por la obra civil (limpieza del terreno y cimentaciones) que es necesario hacer antes de montar la nave y el trabajo de acondicionamiento del terreno de después de desmontar (se estima éste último en el mismo coste que el de la obra civil). Estos costes ascienden a 210.253 € cada uno.



El tiempo de montaje es de 2 meses y el de desmontaje de 1,5 meses y el de homologación de 2 semanas. Por tanto será un periodo de tiempo en el que habrá que pagar los salarios sin producción de palas.

Los salarios que habrá que pagar a la mano de obra durante el tiempo que duran estas operaciones son los siguientes:

SALARIO MONTAJES			
	Cantidad	Salario	Total
Gerente 2	1	114.490	114.490
1 nivel	4	97.490	389.960
2 nivel	8	80.490	643.920
3 nivel	40	71.990	2.879.600
TOTAL AÑO			4.027.970
TOTAL 3,5 MES			1.174.825

SALARIO HOMOLOG.			
	Cantidad	Salario	Total
Gerente 1	1	131.490	131.490
1 nivel	6	97.490	584.940
2 nivel	9	80.490	724.410
3 nivel	60	71.990	4.319.400
TOTAL AÑO			5.760.240
TOTAL 2 SEM.			221.548

Se estima que el alquiler de medios de montaje asciende a 60.000 € y para el desmontaje 40.000 €.

Por lo tanto el coste de montaje, desmontaje y homologación será de:

$$C = 2 \times 210.253 + 1.174.825 + 221.548 + 60.000 + 40.000 = 1.916.878 \text{ €}$$

5.3.4. COSTE TRANSPORTE DE LA NAVE

Como se ha calculado anteriormente, la nave se transporta en un total de 64 contenedores marítimos de 40 pies y 14 de 20 pies, a excepción de los moldes que se transportarán a parte como un transporte especial, cubicando 1.242 m³.



A continuación se presenta una tabla con los costes de transporte de la planta en función del país de destino.

	Cantidad	Europa		USA (Atl.)		USA (Pac.)		Australia	
		€/Cont.	€	€/Cont.	€	€/Cont.	€	€/Cont.	€
Contenedor 40'	64	2.799	179.136	3.954	253.056	4.416	282.624	5.340	341.760
Contenedor 20'	14	1.815	25.410	2.624	36.736	2.947	41.258	3.594	50.316
Tpte. Especial	1.242	61	75.762	91	113.022	103	127.926	127	157.734
TOTAL			280.308		402.814		451.808		549.810

5.3.5. COSTE DE REPOSICIÓN DE LA NAVE

Por tener que montar y desmontar la nave se estima que cada 5 años será necesario reponerla con una nueva. Según el presupuesto, para el año 1, esto sería un coste de:

$$C = 2.058.754 \text{ €}$$

5.3.6. COSTE DE TRANSPORTE DE MATERIA PRIMA

Se estima que el material necesario para fabricar una pala cabe en un contenedor de 40 pies. Por lo tanto dependiendo del país tendremos los siguientes costes:

- Europa: 2.799 €/pala
- USA (Atl.): 3.954 €/pala
- USA (Pac.): 4.416 €/pala
- Australia: 5.340 €/pala

5.3.7. COSTE POR AMORTIZACIÓN DE LA INVERSIÓN

En el año cero es necesario realizar la inversión para adquirir la planta y la maquinaria. En los años 5, 10 y 15 será necesario reponer la nave, como ya se ha mencionado anteriormente.

- Año 0: 6.774.698 €
- Año 5: 2.386.660 €
- Año 10: 2.766.793 €
- Año 15: 3.207.471 €

Se supone que la inversión inicial se financia a través de una entidad bancaria, con un tipo de interés del 5% anual y la amortización de dicho préstamo se realiza por el método de cuotas constantes, tal y como se muestra en la siguiente tabla. La reposición de la nave se realizará con capital propio, sin financiación.



CUADRO DE AMORTIZACIÓN						
Año	Capital Pendiente	Interés (I)	Capital Amortizado Anual (A)	Capital Amortizado Acumulado	I+A	Capital Final
1	6.774.698	338.735	677.470	677.470	1.016.205	6.097.228
2	6.097.228	304.861	677.470	1.354.940	982.331	5.419.758
3	5.419.758	270.988	677.470	2.032.409	948.458	4.742.289
4	4.742.289	237.114	677.470	2.709.879	914.584	4.064.819
5	4.064.819	203.241	677.470	3.387.349	880.711	3.387.349
6	3.387.349	169.367	677.470	4.064.819	846.837	2.709.879
7	2.709.879	135.494	677.470	4.742.289	812.964	2.032.409
8	2.032.409	101.620	677.470	5.419.758	779.090	1.354.940
9	1.354.940	67.747	677.470	6.097.228	745.217	677.470
10	677.470	33.873	677.470	6.774.698	711.343	0
TOTAL		1.863.042				

Por lo tanto la inversión total que habrá que realizar a lo largo de los 20 años de vida útil del proyecto es de:

$$I = 6.774.698 + 1.863.042 + 2.386.660 + 2.766.793 + 3.207.471 = 16.998.664 \text{ €}$$

Será necesario añadir un coste a cada pala fabricada con el fin de recuperar la inversión realizada. Una de las hipótesis de cálculo es que los parques serán de 43 aerogeneradores, 129 palas, que se fabricarán en 6 meses. Los otros 6 meses del año la planta estará en movimiento. Por tanto a lo largo de la vida útil de la planta se fabricarán 2.580 palas. El coste por pala debido a la amortización de la inversión será de:

$$C = \frac{16.998.664}{2.580} = 6.588,6 \text{ €/pala}$$

5.3.8. VIAJES DE LA MANO DE OBRA

Será necesario pagar los viajes de los trabajadores al país donde se vaya a montar la planta de fabricación. Se deberá abonar ida y vuelta para los operarios de montaje (53), de desmontaje (53) y de fabricación (76). Además se deberá abonar un viaje de ida y vuelta a cada operario, o un familiar o amigo en su defecto, por cada 3 meses de estancia en el extranjero.



Serán un total de 258 viajes de ida y vuelta. Por tanto, el coste el coste por viajes a los diferentes países será:

- Europa: 43.545 €
- USA (Atl.): 132.612 €
- USA (Pac.): 217.274 €
- Australia: 303.250 €

5.3.9. COSTE TOTAL

A continuación se muestran las tablas de costes durante la vida útil de la planta para cada país de implantación.

Teniendo en cuenta un tipo de actualización anual de la moneda 3% tenemos los siguientes costes durante los 20 años de vida útil de la planta de fabricación móvil en millones de euros:

EUROPA											
Mov.	Palas.	Inv.	MO	Energía	Mon/Hom	Tpte.Nave	Tpte.MP	Viajes MO	Amortiz.	M€/Año	M€
0	0	8.637.740	0	0	0	0	0	0	0	8,638	8,638
1	129	0	2.880.120	242.262	1.916.878	280.308	361.071	43.545	849.929	6,574	15,212
2	258	0	2.966.524	249.530	1.974.384	288.717	371.903	44.851	849.929	6,746	21,958
3	387	0	3.055.519	257.016	2.033.616	297.379	383.060	46.197	849.929	6,923	28,881
4	516	0	3.147.185	264.726	2.094.624	306.300	394.552	47.583	849.929	7,105	35,987
5	645	2.386.660	3.241.600	272.668	2.157.463	315.489	406.389	49.010	849.929	9,680	45,666
6	774	0	3.338.848	280.848	2.222.187	324.954	418.580	50.481	849.929	7,487	53,153
7	903	0	3.439.014	289.273	2.288.853	334.702	431.138	51.995	849.929	7,686	60,839
8	1032	0	3.542.184	297.952	2.357.518	344.743	444.072	53.555	849.929	7,891	68,730
9	1161	0	3.648.450	306.890	2.428.244	355.086	457.394	55.162	849.929	8,102	76,832
10	1290	2.766.793	3.757.903	316.097	2.501.091	365.738	471.116	56.816	849.929	11,087	87,919
11	1419	0	3.870.640	325.580	2.576.124	376.711	485.249	58.521	849.929	8,544	96,463
12	1548	0	3.986.760	335.347	2.653.407	388.012	499.807	60.276	849.929	8,775	105,238
13	1677	0	4.106.362	345.408	2.733.010	399.652	514.801	62.085	849.929	9,013	114,251
14	1806	0	4.229.553	355.770	2.815.000	411.642	530.245	63.947	849.929	9,258	123,509
15	1935	3.207.471	4.356.440	366.443	2.899.450	423.991	546.152	65.866	849.929	12,718	136,227
16	2064	0	4.487.133	377.436	2.986.433	436.711	562.537	67.842	849.929	9,770	145,997
17	2193	0	4.621.747	388.759	3.076.026	449.812	579.413	69.877	849.929	10,038	156,035
18	2322	0	4.760.400	400.422	3.168.307	463.306	596.795	71.973	849.929	10,313	166,348
19	2451	0	4.903.212	412.435	3.263.356	477.206	614.699	74.132	849.929	10,597	176,946
20	2580	0	5.050.308	424.808	3.361.257	491.522	633.140	76.356	849.929	10,890	187,836



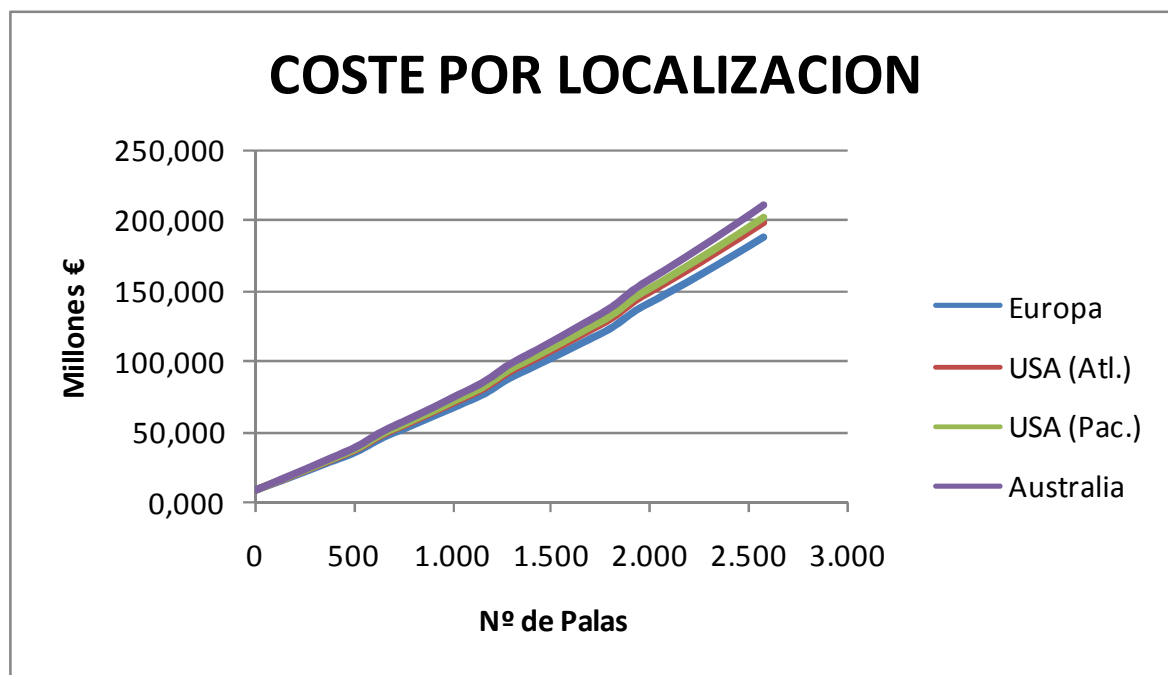
USA (Atl.)											
Mov.	Palas.	Inv.	MO	Energía	Mon/Hom	Tpte.Nave	Tpte.MP	Viajes MO	Amortiz.	M€/Año	M€
0	0	8.637.740	0	0	0	0	0	0	0	8,638	8,638
1	129	0	2.880.120	242.262	1.916.878	402.814	510.066	132.612	849.929	6,935	15,573
2	258	0	2.966.524	249.530	1.974.384	414.898	525.368	136.590	849.929	7,117	22,690
3	387	0	3.055.519	257.016	2.033.616	427.345	541.129	140.688	849.929	7,306	29,996
4	516	0	3.147.185	264.726	2.094.624	440.166	557.363	144.909	849.929	7,499	37,495
5	645	2.386.660	3.241.600	272.668	2.157.463	453.371	574.084	149.256	849.929	10,086	47,581
6	774	0	3.338.848	280.848	2.222.187	466.972	591.306	153.734	849.929	7,905	55,485
7	903	0	3.439.014	289.273	2.288.853	480.981	609.045	158.346	849.929	8,116	63,602
8	1032	0	3.542.184	297.952	2.357.518	495.410	627.317	163.096	849.929	8,334	71,936
9	1161	0	3.648.450	306.890	2.428.244	510.273	646.136	167.989	849.929	8,559	80,495
10	1290	2.766.793	3.757.903	316.097	2.501.091	525.581	665.520	173.029	849.929	11,557	92,052
11	1419	0	3.870.640	325.580	2.576.124	541.348	685.486	178.219	849.929	9,029	101,081
12	1548	0	3.986.760	335.347	2.653.407	557.589	706.051	183.566	849.929	9,274	110,355
13	1677	0	4.106.362	345.408	2.733.010	574.316	727.232	189.073	849.929	9,527	119,882
14	1806	0	4.229.553	355.770	2.815.000	591.546	749.049	194.745	849.929	9,787	129,670
15	1935	3.207.471	4.356.440	366.443	2.899.450	609.292	771.521	200.588	849.929	13,263	142,933
16	2064	0	4.487.133	377.436	2.986.433	627.571	794.666	206.605	849.929	10,332	153,265
17	2193	0	4.621.747	388.759	3.076.026	646.398	818.506	212.803	849.929	10,616	163,881
18	2322	0	4.760.400	400.422	3.168.307	665.790	843.061	219.187	849.929	10,909	174,791
19	2451	0	4.903.212	412.435	3.263.356	685.764	868.353	225.763	849.929	11,211	186,002
20	2580	0	5.050.308	424.808	3.361.257	706.337	894.404	232.536	849.929	11,522	197,524

USA (Pac.)											
Mov.	Palas.	Inv.	MO	Energía	Mon/Hom	Tpte.Nave	Tpte.MP	Viajes MO	Amortiz.	M€/Año	M€
0	0	8.637.740	0	0	0	0	0	0	0	8,638	8,638
1	129	0	2.880.120	242.262	1.916.878	451.808	569.664	217.274	849.929	7,128	15,766
2	258	0	2.966.524	249.530	1.974.384	465.362	586.754	223.792	849.929	7,317	23,082
3	387	0	3.055.519	257.016	2.033.616	479.323	604.357	230.506	849.929	7,511	30,593
4	516	0	3.147.185	264.726	2.094.624	493.703	622.487	237.421	849.929	7,711	38,304
5	645	2.386.660	3.241.600	272.668	2.157.463	508.514	641.162	244.544	849.929	10,303	48,607
6	774	0	3.338.848	280.848	2.222.187	523.769	660.397	251.880	849.929	8,129	56,735
7	903	0	3.439.014	289.273	2.288.853	539.482	680.209	259.437	849.929	8,347	65,083
8	1032	0	3.542.184	297.952	2.357.518	555.667	700.615	267.220	849.929	8,572	73,655
9	1161	0	3.648.450	306.890	2.428.244	572.337	721.633	275.236	849.929	8,804	82,459
10	1290	2.766.793	3.757.903	316.097	2.501.091	589.507	743.282	283.493	849.929	11,809	94,268
11	1419	0	3.870.640	325.580	2.576.124	607.192	765.581	291.998	849.929	9,288	103,556
12	1548	0	3.986.760	335.347	2.653.407	625.408	788.548	300.758	849.929	9,542	113,098
13	1677	0	4.106.362	345.408	2.733.010	644.170	812.205	309.781	849.929	9,803	122,901
14	1806	0	4.229.553	355.770	2.815.000	663.495	836.571	319.074	849.929	10,071	132,972
15	1935	3.207.471	4.356.440	366.443	2.899.450	683.400	861.668	328.646	849.929	13,555	146,527
16	2064	0	4.487.133	377.436	2.986.433	703.902	887.518	338.506	849.929	10,633	157,160
17	2193	0	4.621.747	388.759	3.076.026	725.019	914.143	348.661	849.929	10,926	168,087
18	2322	0	4.760.400	400.422	3.168.307	746.770	941.568	359.121	849.929	11,229	179,316
19	2451	0	4.903.212	412.435	3.263.356	769.173	969.815	369.894	849.929	11,540	190,856
20	2580	0	5.050.308	424.808	3.361.257	792.248	998.909	380.991	849.929	11,861	202,717



AUSTRALIA											
Mov.	Palas.	Inv.	MO	Energía	Mon/Hom	Tpte.Nave	Tpte.MP	Viajes MO	Amortiz.	M€/Año	M€
0	0	8.637.740	0	0	0	0	0	0	0	8,638	8,638
1	129	0	2.880.120	242.262	1.916.878	549.810	688.860	303.250	849.929	7,431	16,069
2	258	0	2.966.524	249.530	1.974.384	566.304	709.526	312.348	849.929	7,629	23,698
3	387	0	3.055.519	257.016	2.033.616	583.293	730.812	321.718	849.929	7,832	31,530
4	516	0	3.147.185	264.726	2.094.624	600.792	752.736	331.369	849.929	8,042	39,572
5	645	2.386.660	3.241.600	272.668	2.157.463	618.816	775.318	341.311	849.929	10,644	50,216
6	774	0	3.338.848	280.848	2.222.187	637.380	798.578	351.550	849.929	8,480	58,696
7	903	0	3.439.014	289.273	2.288.853	656.502	822.535	362.096	849.929	8,709	67,406
8	1032	0	3.542.184	297.952	2.357.518	676.197	847.211	372.959	849.929	8,945	76,351
9	1161	0	3.648.450	306.890	2.428.244	696.483	872.627	384.148	849.929	9,188	85,539
10	1290	2.766.793	3.757.903	316.097	2.501.091	717.377	898.806	395.672	849.929	12,205	97,743
11	1419	0	3.870.640	325.580	2.576.124	738.899	925.770	407.543	849.929	9,696	107,439
12	1548	0	3.986.760	335.347	2.653.407	761.066	953.543	419.769	849.929	9,961	117,401
13	1677	0	4.106.362	345.408	2.733.010	783.898	982.150	432.362	849.929	10,235	127,636
14	1806	0	4.229.553	355.770	2.815.000	807.415	1.011.614	445.333	849.929	10,516	138,152
15	1935	3.207.471	4.356.440	366.443	2.899.450	831.637	1.041.963	458.693	849.929	14,014	152,166
16	2064	0	4.487.133	377.436	2.986.433	856.586	1.073.221	472.454	849.929	11,105	163,271
17	2193	0	4.621.747	388.759	3.076.026	882.284	1.105.418	486.627	849.929	11,413	174,684
18	2322	0	4.760.400	400.422	3.168.307	908.752	1.138.581	501.226	849.929	11,730	186,414
19	2451	0	4.903.212	412.435	3.263.356	936.015	1.172.738	516.263	849.929	12,056	198,471
20	2580	0	5.050.308	424.808	3.361.257	964.095	1.207.920	531.751	849.929	12,393	210,863

A continuación se muestra una gráfica que representa el coste total de fabricación para los diferentes países analizados:





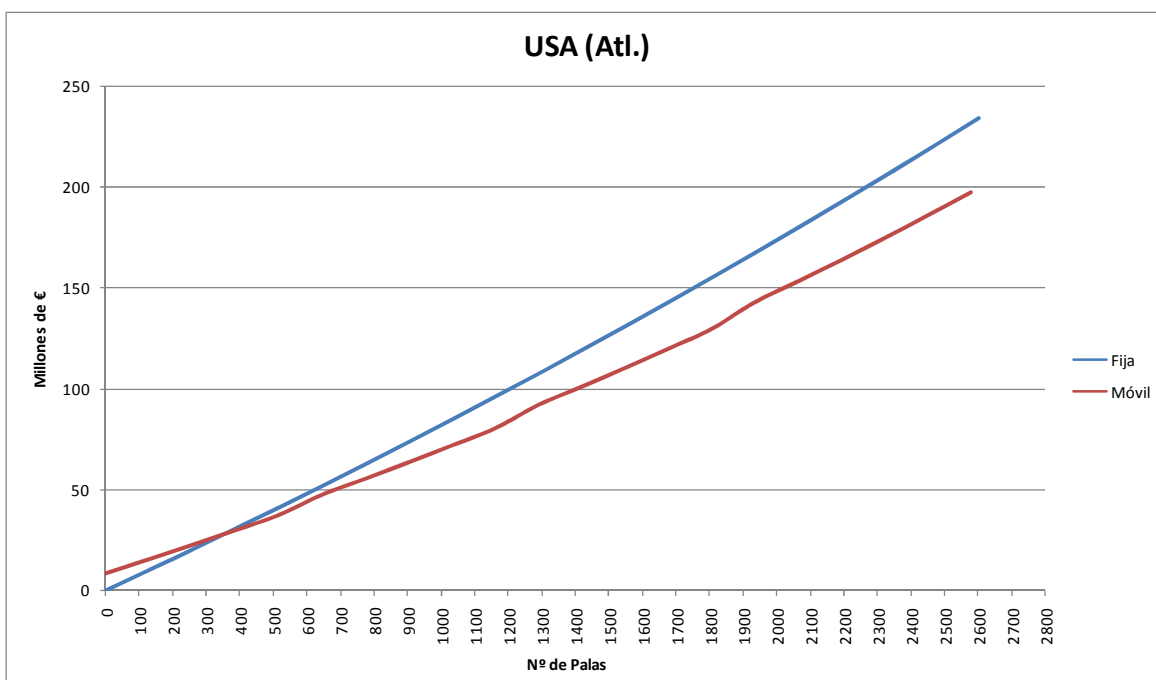
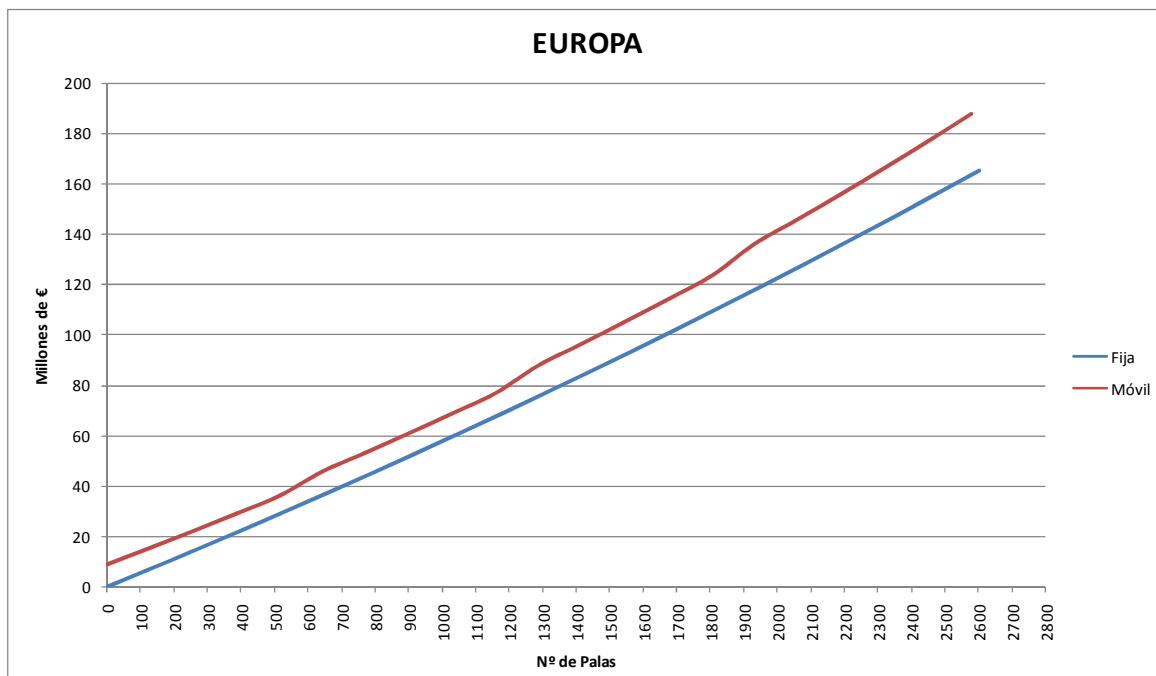
Observando el gráfico se puede llegar a la conclusión, igual que ocurre con las plantas fijas de fabricación, que cuanto más cerca del país de origen del desplazamiento de la nave, en este caso España.

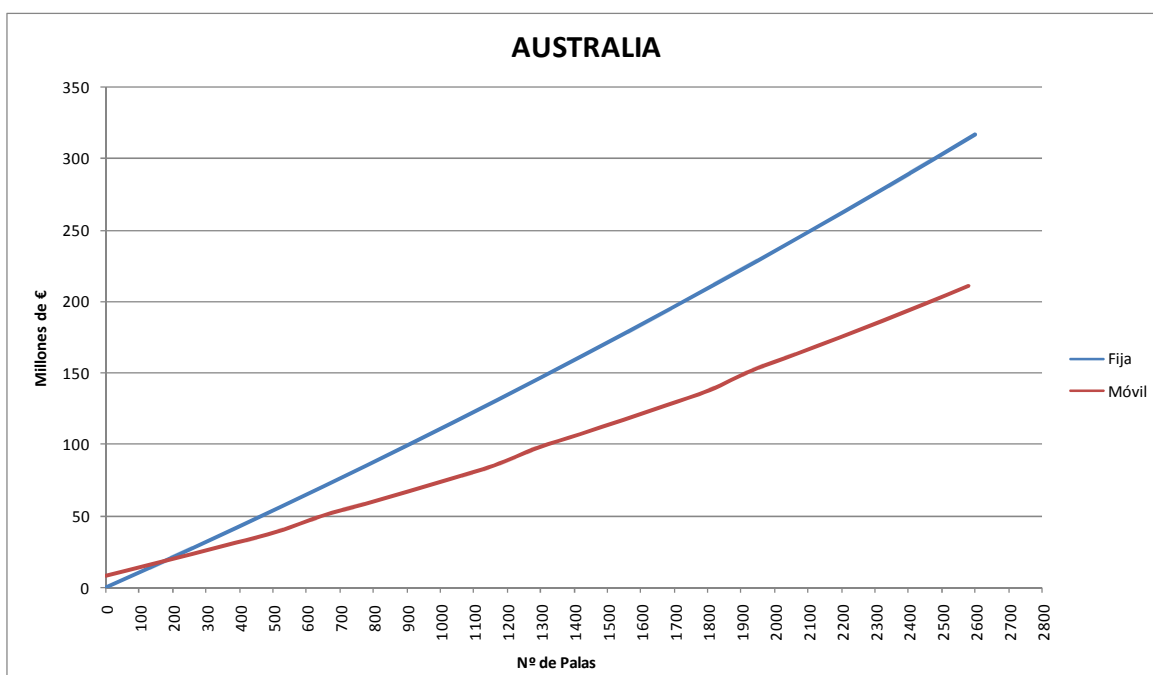
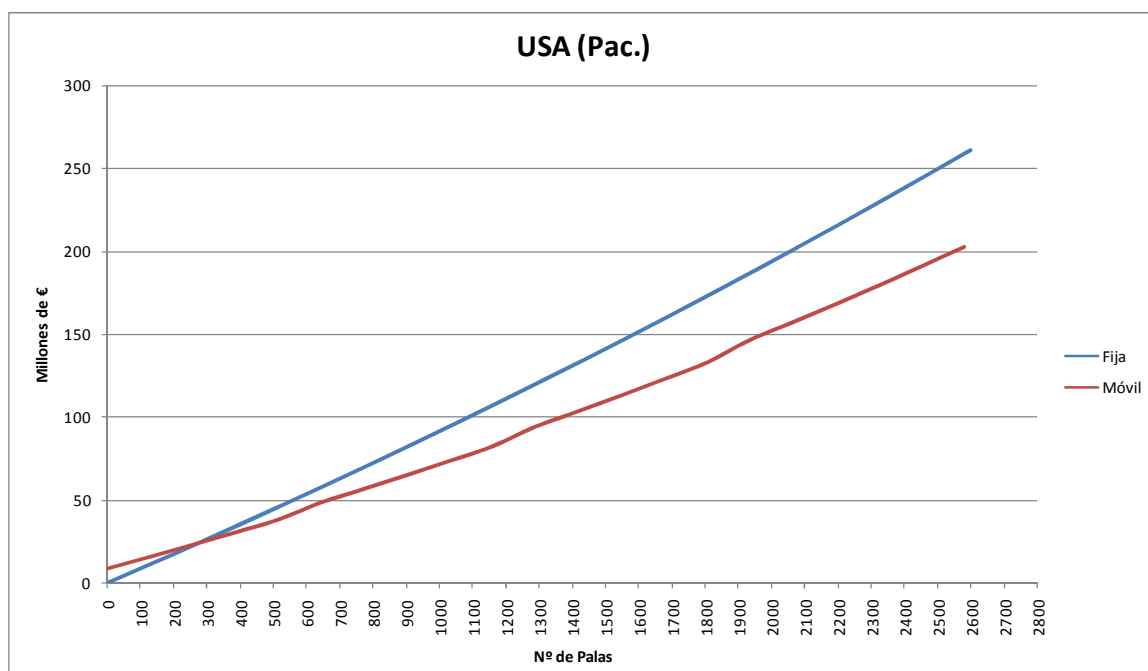
Sin embargo, a diferencia de lo que ocurre con las plantas fijas, esta diferencia es mucho menor; se podría decir que no importa entre qué países se mueva la planta siempre y cuando ese movimiento tenga asociado un transporte marítimo.



5.4. COMPARATIVA DE SISTEMAS DE PRODUCCIÓN

A continuación se presentan una serie gráficos en los que se comparan los dos sistemas de fabricación, planta fija y planta móvil, para los diferentes países estudiados:





Viendo los gráficos se concluye que para parques eólicos montados en Europa del Norte, no resulta rentable fabricar las palas en la propia explotación, puesto que son mayores los costes asociados al transporte y mantenimiento de la planta flexible que los costes asociados al transporte de las palas.



Sin embargo, si se aumenta la distancia a la que se deben de transportar las palas el sistema de fabricación en planta móvil es rentable. Es el caso de tener que montar parques eólicos en países situados en USA lado atlántico o Brasil, en USA lado pacífico y Australia o China.

Para USA lado atlántico el umbral de rentabilidad se sitúa en el entorno de las 380 palas fabricadas, es decir a los 3 años aproximadamente.

Para USA lado pacífico el umbral de rentabilidad se sitúa en el entorno de las 280 palas fabricadas, es decir a los 2,2 años aproximadamente.

Para Australia el umbral de rentabilidad se sitúa en el entorno de las 180 palas fabricadas, es decir al año aproximadamente.

Estos resultados se obtienen con la planta de fabricación móvil funcionando a plena capacidad, 1 pala al día, durante los 6 meses que se mantiene operativa la realizando un movimiento al año. Con todo esto fabrica un total de 2580 palas en su vida útil.



5.5. ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

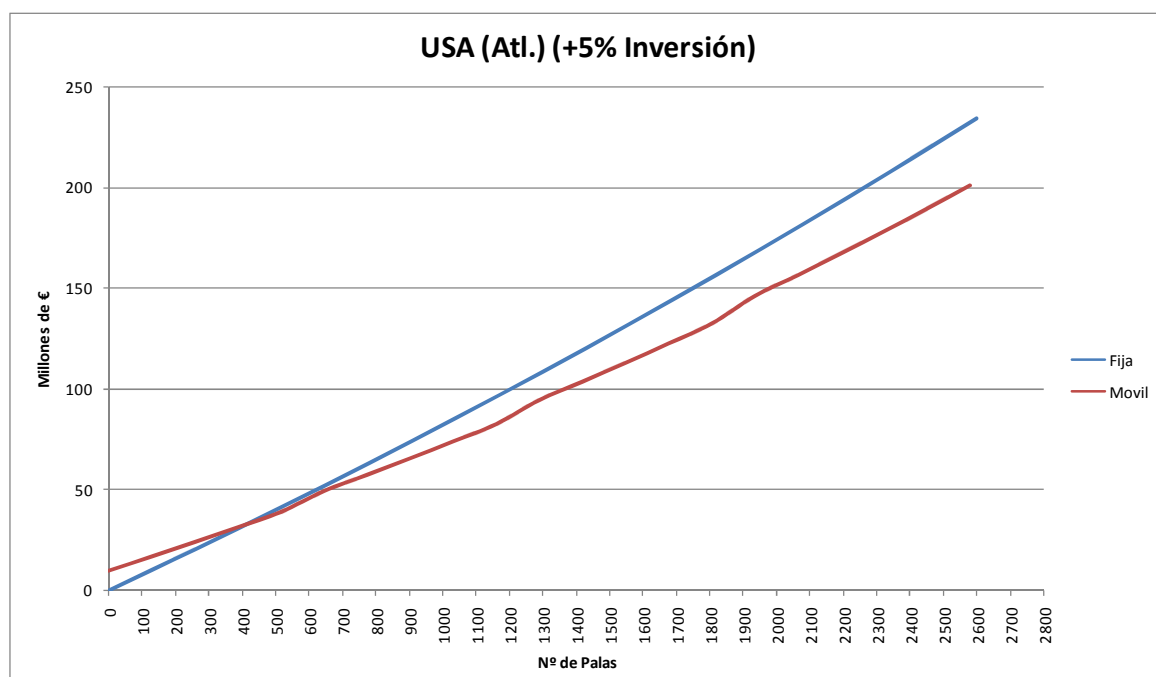
Para realizar el análisis de sensibilidad se toma el modelo de fabricación en una zona de USA Atlántico o Brasil, por ser el menos rentable, y se analizan los siguientes casos:

- Aumento de la inversión un 10%,
- Aumento del tiempo de proceso un 25%,
- Disminución del precio de transporte de palas un 10%,
- Disminución del tamaño de parques a 30 máquinas.

5.5.1. AUMENTO DE INVERSIÓN UN 10%

Tal y como muestra el gráfico a continuación, si aumenta la inversión en un 10% el umbral de rentabilidad aumenta del entorno de 350 palas a 420 palas, aproximadamente un 20%. Esto es debido al aumento de la inversión inicial como tal (aumenta el punto de corte con el eje Y) y al aumento del coste de amortización que se asigna a cada pala en el mismo 10% (aumento de la pendiente de la recta).

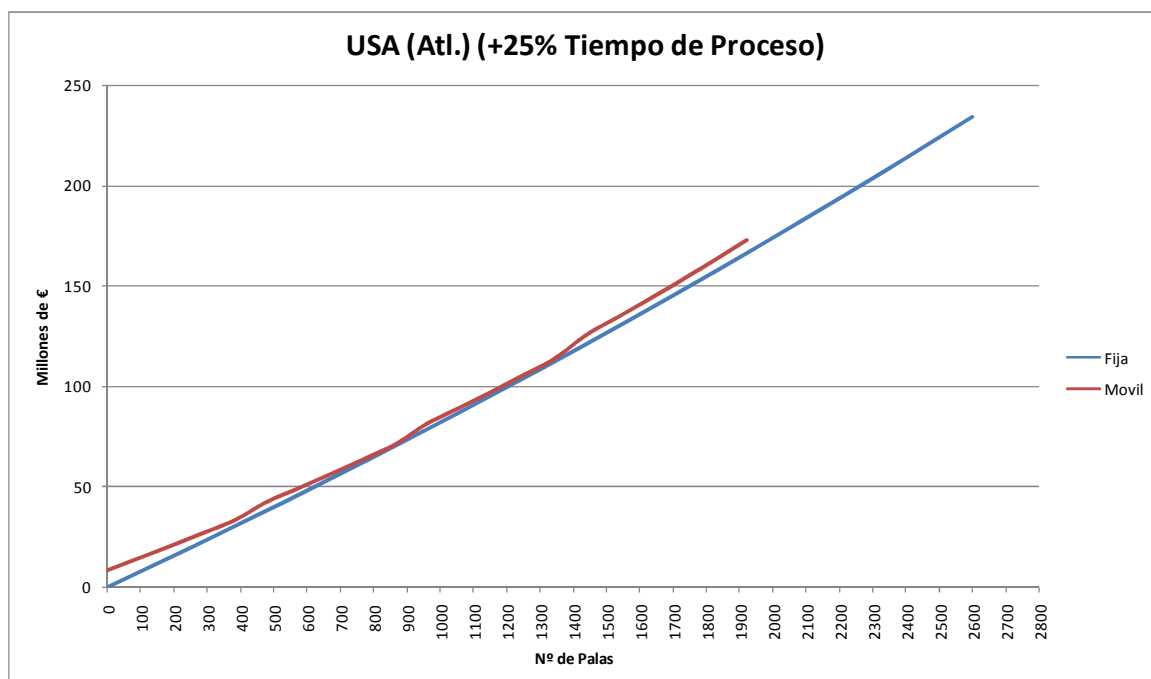
Con las cifras que se manejan en el transporte de las palas de aerogenerador se podría concluir que una variación en la inversión inicial no es muy significativa a la hora de que el proyecto se a viable.



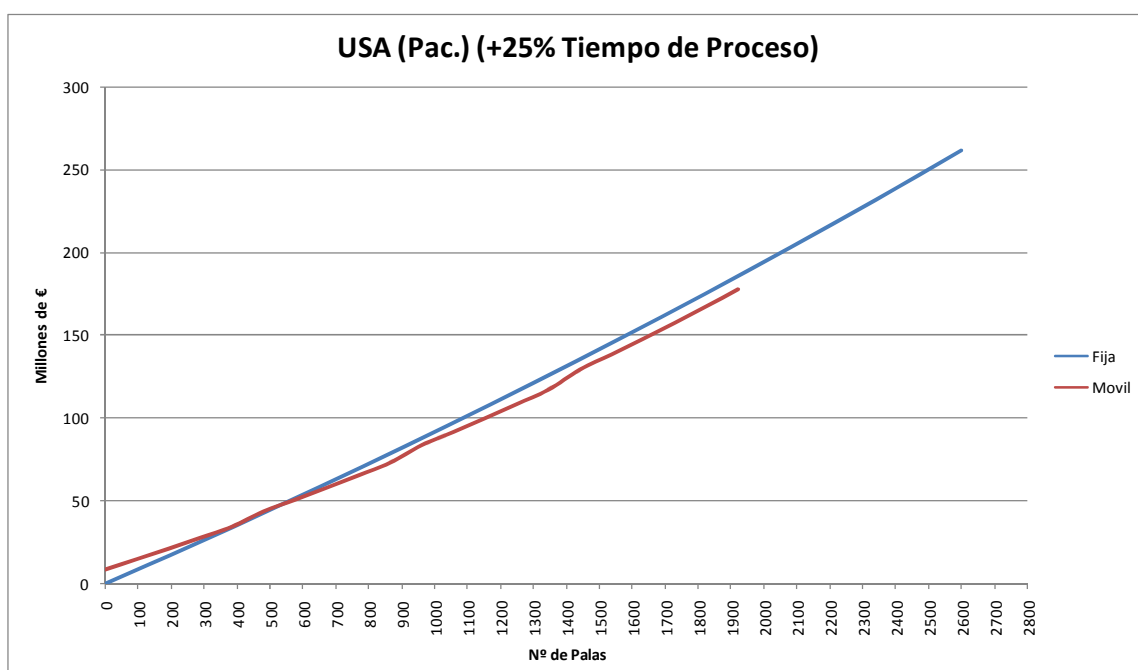


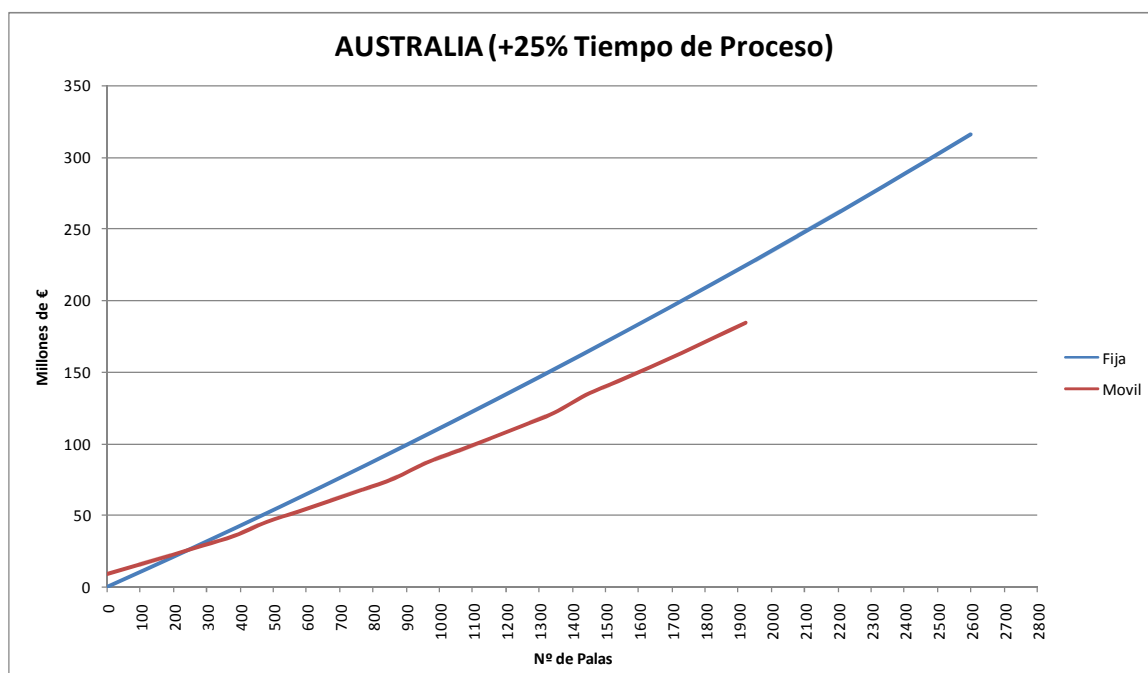
5.5.2. AUMENTO DEL TIEMPO DE PROCESO UN 25%

Al aumentar el tiempo de proceso un 25% se fabricarán 33 palas menos al año en la planta móvil, es decir 660 palas menos en su vida útil. Esto provoca que se repartan los costes que surgen por la condición de movilidad que tiene la planta y los costes de amortización entre menos palas.



En el gráfico se puede ver que las plantas que produzcan en zonas cercanas a Brasil o USA lado atlántico pasarán a no ser rentables. Veamos qué ocurre con las plantas que produzcan en lugares más alejados.





Como se puede observar al aumentar el tiempo de proceso un 25% aumentan las palas a partir de las cuales compensa fabricar mediante el método móvil.

En el caso de las zonas situadas a una distancia similar a USA lado pacífico esta cifra pasa de las 280 a las 540 palas un 90% más aproximadamente.

Para zonas situadas a distancias en torno a Australia o China esta cifra pasa de las 180 a las 240 palas, aproximadamente un 33% más.

Pero lo verdaderamente significativo es que el beneficio obtenido al final de la vida útil de la planta disminuye considerablemente. Se puede observar en el los gráficos como la distancia entre las líneas de planta fija y móvil se ha reducido mucho. Por ejemplo para el caso de Australia pasamos de obtener unos 100 millones de € de beneficio a tener 40 millones de €.

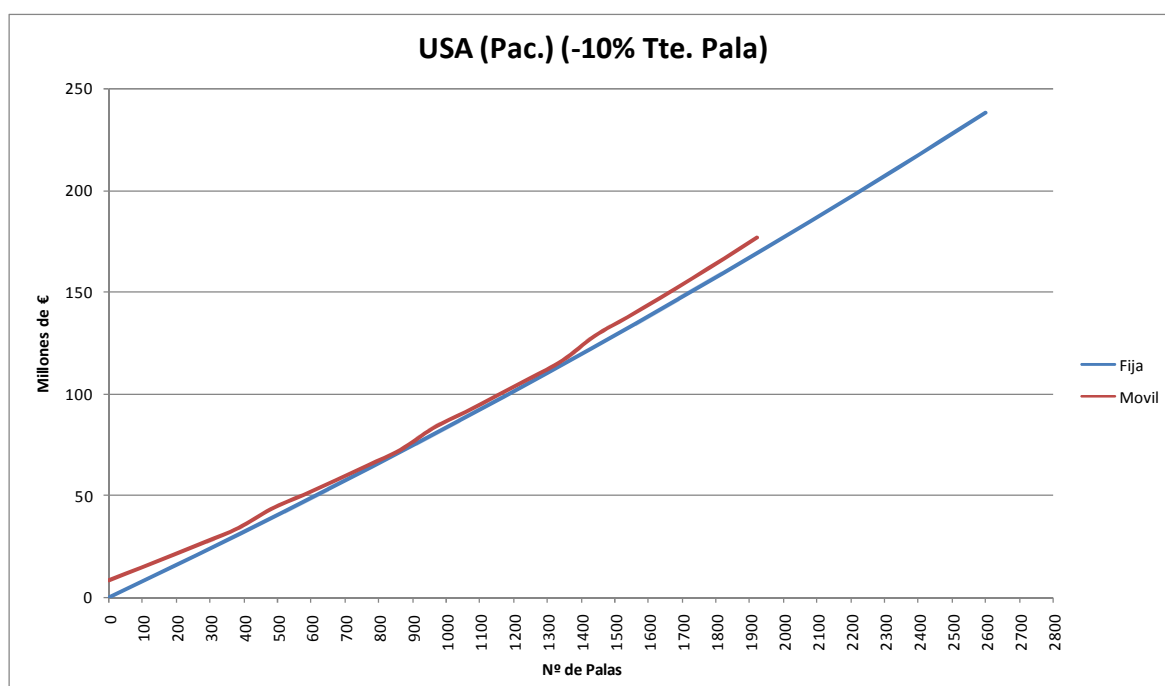


5.5.3. DISMINUCIÓN DEL PRECIO DE TRANSPORTE DE PALAS 10%

A continuación se presenta el gráfico correspondiente a las distancias equivalentes a USA lado atlántico.



En el gráfico se puede ver que las pantas que produzcan en zonas cercanas a Brasil o USA lado atlántico pasarán a no ser rentables. Veamos qué ocurre con las plantas que produzcan en lugares más alejados.



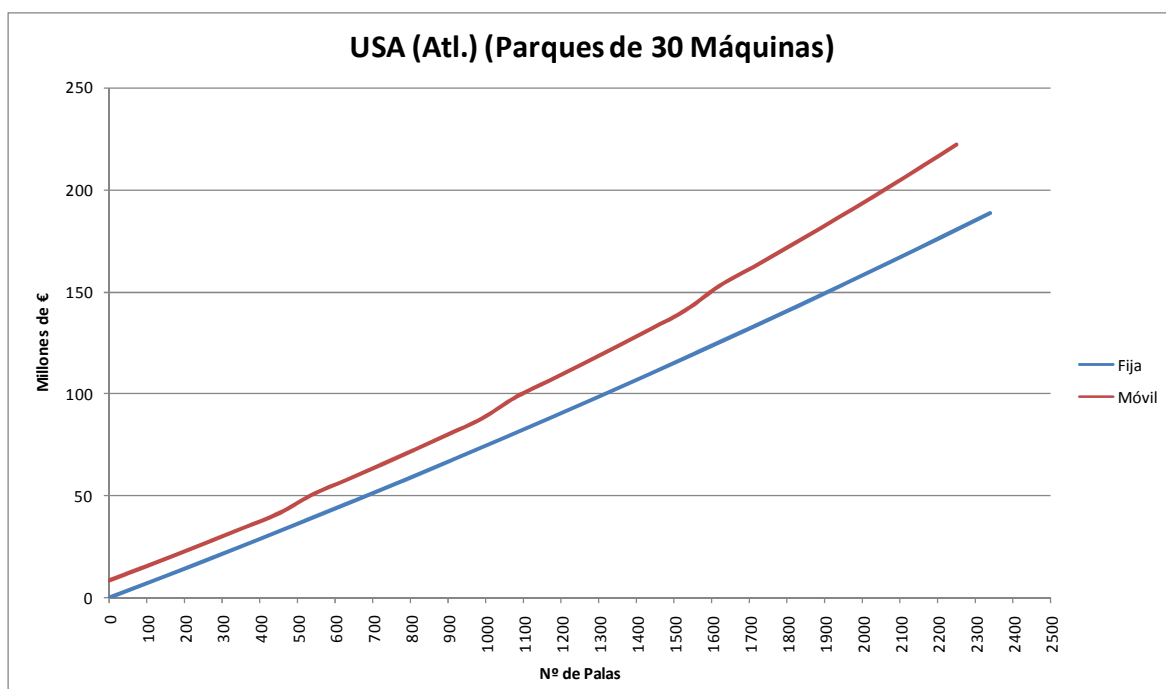


Se puede ver como para las zonas situadas a una distancia similar a USA lado pacífico también deja de ser rentable fabricar mediante el sistema de planta móvil. Para distancias similares a Australia se observa que el sistema empezaría a ser rentable a partir de la pala número 310, en vez de las 180 necesarias sin la disminución del precio de transporte, en torno a un 72% más de palas.

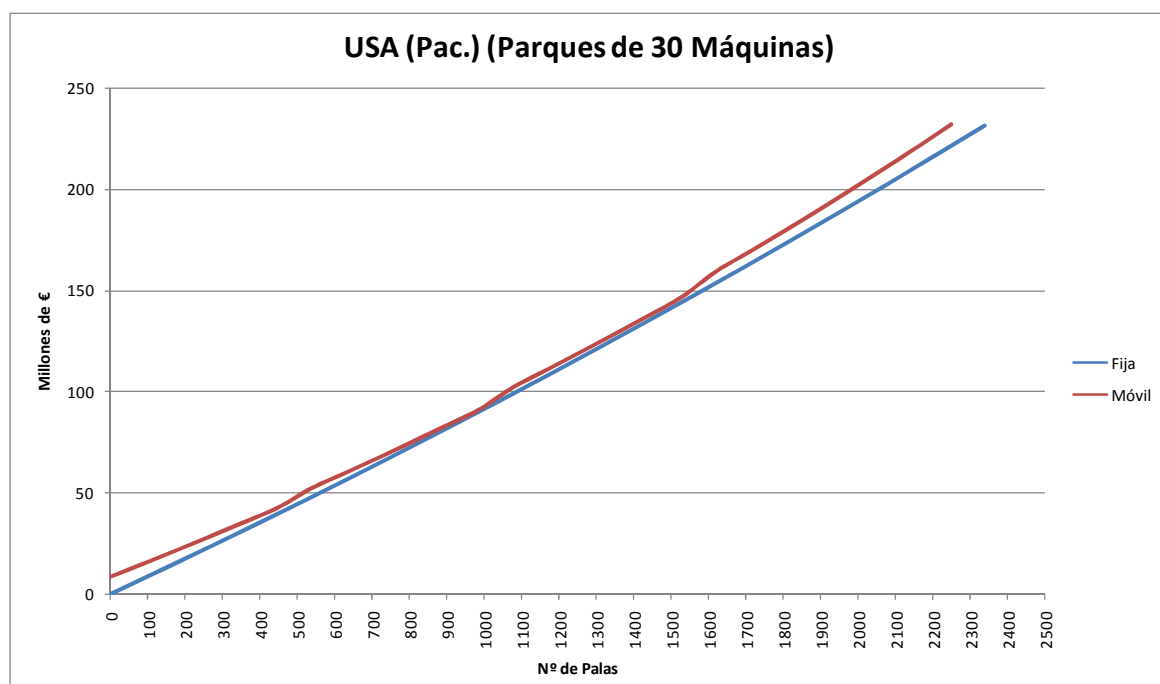
5.5.4. DISMINUCIÓN DEL TAMAÑO DE PARQUE A 30 MÁQUINAS

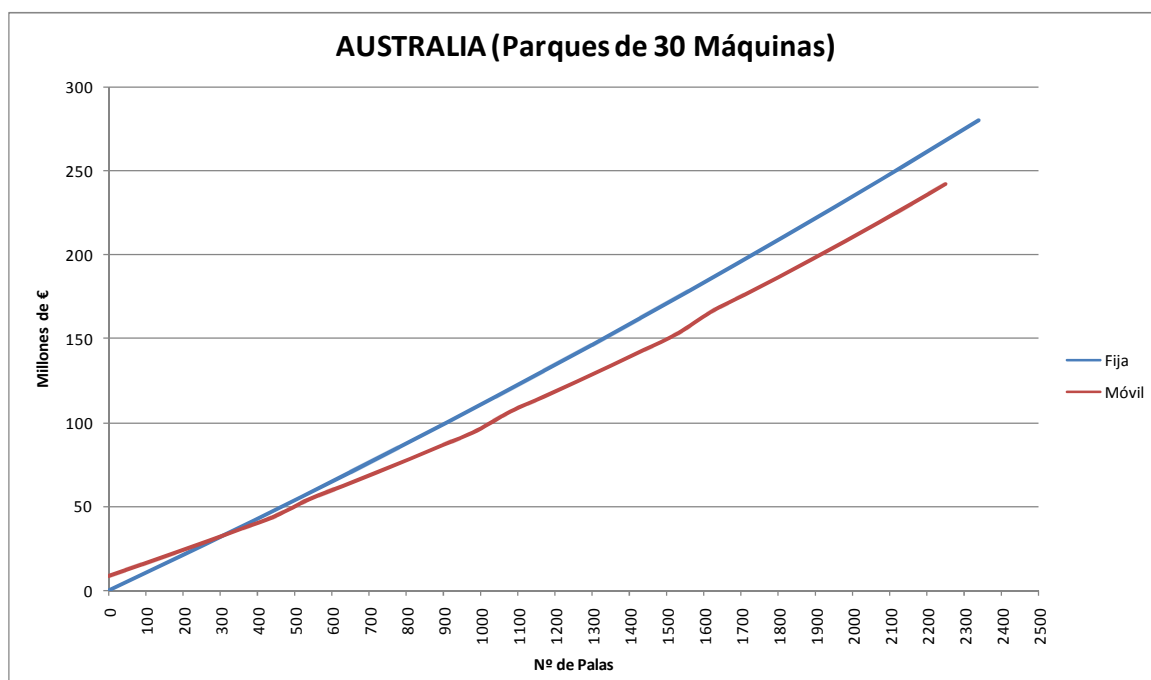
Al disminuir el tamaño de los parques a 30 máquinas el número de palas que habrá que fabricar en cada movimiento de la planta será de 90 en vez de las 129 de antes. Esto repercute en que el tiempo de fabricación por movimiento será de 3,5 meses en lugar de 6, por lo que la duración de un movimiento será de 9,5 meses en lugar de 12.

Bajo este supuesto, durante la vida útil del proyecto la planta realizará 25 movimientos en lugar de 20, fabricando un total de 2.250 palas en lugar de 2.580.



En el gráfico se puede ver que las plantas que produzcan en zonas cercanas a Brasil o USA lado atlántico pasarán a no ser rentables. Veamos qué ocurre con las plantas que produzcan en lugares más alejados.





Se puede ver como para las zonas situadas a una distancia similar a USA lado pacífico también deja de ser rentable fabricar mediante el sistema de planta móvil. Para distancias similares a Australia se observa que el sistema empezaría a ser rentable a partir de la pala número 300.

5.5.5. CONCLUSIONES

Tras el análisis de sensibilidad se puede concluir que la rentabilidad del proyecto mejora conforme aumenta la distancia de la planta fija de fabricación al lugar donde se pretenda instalar el parque eólico.

Se puede concluir también que, dado el volumen de € que se manejan una variación en la inversión inicial no supone una gran variación en la rentabilidad del proyecto.

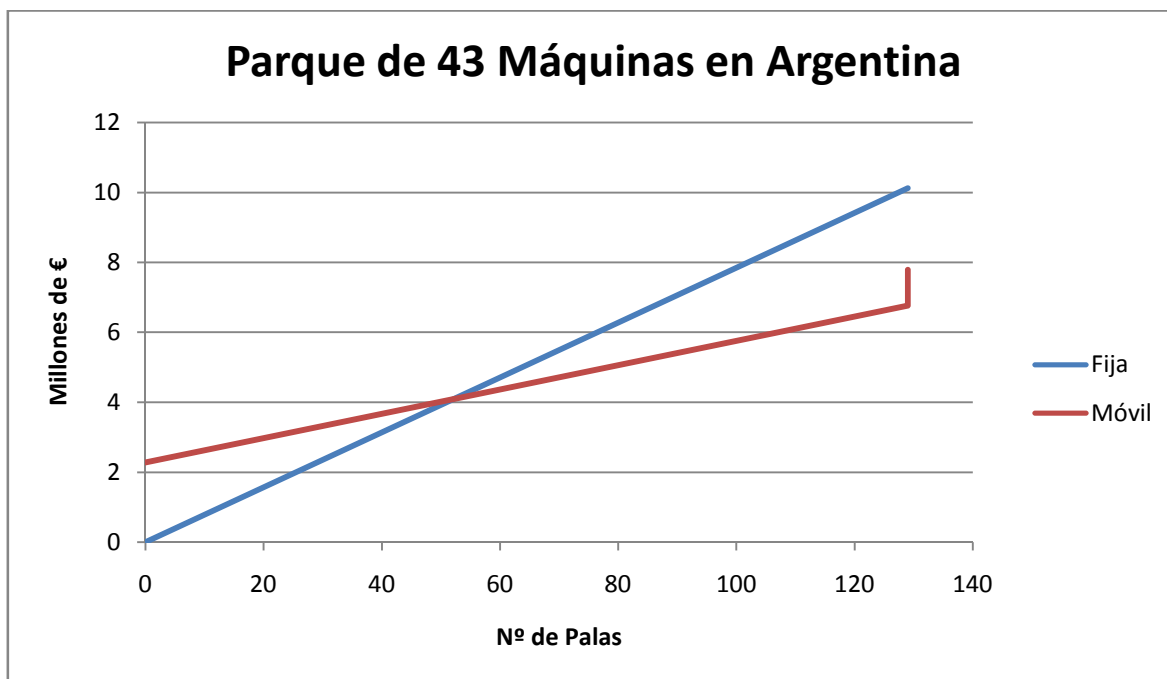
Lo que si queda claro es que la productividad de la planta de fabricación móvil es clave para su rentabilidad. Ha quedado de manifiesto que un aumento del tiempo de proceso respecto a la planta de fabricación fija hace que se modifique de manera considerable la curva de costes del proyecto.

Así mismo ha quedado demostrado que cuantas más palas se fabriquen por viaje mejor para la rentabilidad del proyecto. Parece lógico una vez dicho que la productividad de la planta es clave. Se puede decir entonces que este método de fabricación sería adecuado para la producción de palas para parques off-shore (en el mar), ya que suelen ser mayores que los que se instalan en tierra.



5.6. CASO PRÁCTICO

Se supone la necesidad de fabricar 129 palas para un parque de 43 máquinas situado en Argentina. A continuación se presenta un gráfico en el que se demuestra que sería más rentable llevar la planta móvil de fabricación que transportar las 129 palas desde España.



En el momento 0 los costes asociados a la planta móvil son la parte proporcional de la inversión (1 año de 20), la mitad de los costes de transporte, los costes de montaje y homologación y la mitad del coste de viajes de mano de obra.

Durante el proceso de fabricación se van sumando los costes de mano de obra de fabricación, de energía y de amortización de la inversión; todos ellos por pala fabricada.

Finalmente, una vez se han terminado de fabricar las palas, se añaden los costes de desmontaje, de acondicionamiento del terreno utilizado, mitad de costes de transporte y viajes de la mano de obra,



CAPÍTULO 6:

PLIEGO DE CONDICIONES



6.1. INTRODUCCION Y GENERALIDADES

6.1.1. DEFINICIÓN Y ÁMBITO DE APLICACIÓN

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares (en lo sucesivo P.P.T.P.) constituye un conjunto de instrucciones para la ejecución de las obras a que se refiere el presente Proyecto, y contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales a utilizar, el modo de ejecución y medición de las diferentes unidades de obra y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el Proyecto.

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares será de aplicación a las obras definidas en el presente Proyecto y a las que guarden relación con ellas, con sus instalaciones auxiliares o con los trabajos necesarios para ejecutarlas. El Contratista expresa el conocimiento de todos estos Pliegos, Instrucciones y Normas, que aplicará en la construcción de las obras.

6.1.2. DOCUMENTOS QUE DEFINEN LAS OBRAS

Todos los documentos: Memoria, Anexos, Planos, Presupuesto y el presente Pliego explican la naturaleza y dimensiones de las obras.

6.1.2.1. DOCUMENTOS CONTRACTUALES

Los documentos que quedan incorporados al Contrato como documentos contractuales son los siguientes:

- Planos
- Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares
- Cuadros de Precios Unitarios
- Presupuestos totales

La inclusión en el contrato de las cubricaciones y mediciones no implica necesariamente su exactitud respecto a la realidad.

6.1.2.2. DOCUMENTOS INFORMATIVOS

Los datos sobre procedencia de materiales, ensayos, condiciones locales, de maquinaria, de programación, de condiciones climáticas, de justificación de precios, y, en general, todos los que hayan podido incluirse en la Memoria del presente Proyecto, son documentos informativos, pero en ningún modo podrá basarse cualquier error u omisión en los mismos como argumento para la obtención de modificaciones o reformados de precios o de obra.

6.1.3. DIRECCIÓN E INSPECCIÓN DE LAS OBRAS

La dirección, control y vigilancia de las obras estará a cargo del Ingeniero Director de las Obras y del Ingeniero Técnico afecto a las mismas los cuales, junto con su personal colaborador integra la denominada "Dirección de la Obra" (en lo sucesivo "Dirección").



6.1.4. REPRESENTANTE DEL CONTRATISTA

En el plazo de diez días, a partir de la fecha de la firma del Contrato, el Contratista designará expresamente a la persona que, aceptada por la Administración, asuma la dirección de la ejecución de las obras y actúe como representante suyo. Dicho representante deberá residir, si la Dirección lo estima necesario, en un punto próximo a los trabajos y no podrá ausentarse sin su conformidad de dicho domicilio.

6.1.4.1. PERSONAL DEL CONTRATISTA

El Delegado del Contratista tendrá la titulación adecuada, ejercerá de Jefe de Obra.

6.1.4.2. ORDENES AL CONTRATISTA

El Jefe de Obra serán los interlocutores del Director de la obra, con obligación de recibir todas las comunicaciones verbales y/o escritas, que dé el Ingeniero Director directamente o a través de otras personas; debiendo cerciorarse, en este caso, de que están autorizadas para ello y/o verificar el mensaje y confirmarlo, según su procedencia, urgencia e importancia. Todo ello sin perjuicio de que el Ingeniero Director pueda comunicar directamente con el resto del personal oportunamente, que deberá informar seguidamente a su Jefe de Obra.

El Jefe de Obra es responsable de que dichas comunicaciones lleguen fielmente hasta las personas que deben ejecutarlas y que se ejecuten. Es responsable de que todas las comunicaciones escritas de la Dirección de obra estén custodiadas, ordenadas cronológicamente y disponibles en obra para su consulta en cualquier momento. Se incluyen en este concepto los planos de obra, ensayos, mediciones, etc.

El Jefe de Obra deberá acompañar al Ingeniero Director en todas sus visitas de inspección a la obra y transmitir inmediatamente a su personal las instrucciones que reciba del Ingeniero Director, incluso en presencia suya, (por ejemplo, para aclarar dudas), si así lo requiere dicho Director. El Jefe de Obra tendrá obligación de estar enterado de todas las circunstancias y marcha de obras e informar al Director a su requerimiento en todo momento, o sin necesidad de requerimiento si fuese necesario o conveniente.

Lo expresado vale también para los trabajos que efectuasen subcontratistas o destajistas, en el caso de que fuesen autorizados por la Dirección. Se entiende que la comunicación Dirección de Obra-Contratista, se canaliza entre el Ingeniero Director y el Jefe de Obra, sin perjuicio de que para simplificación y eficacia especialmente en casos urgentes o rutinarios, pueda haber comunicación entre los respectivos personales; pero será en nombre de aquéllos y teniéndoles informados puntualmente, basadas en la buena voluntad y sentido común, y en la forma y materias que aquellos establezcan, de manera que si surgiese algún problema de interpretación o una decisión de mayor importancia, no valdrá sin la ratificación del Director y Jefe de Obra, acorde con el cometido de cada uno.

Se abrirá el "Libro de Ordenes" por el Ingeniero Director y permanecerá custodiado en obra por el Contratista, en lugar seguro y de fácil disponibilidad para su consulta y uso. El Jefe de Obra deberá llevarlo consigo al acompañar en cada visita al Ingeniero Director.



Se harán constar en él las instrucciones que el Ingeniero. Director estime convenientes para el correcto desarrollo de la obra. Asimismo, se hará constar en él, al iniciarse las obras o, en caso de modificaciones durante el curso de las mismas, con el carácter de orden, la relación de personas que, por el cargo que ostentan o la delegación que ejercen, tienen facultades para acceder a dicho Libro y transcribir en él órdenes, instrucciones y recomendaciones que se considere necesario comunicar al Contratista.

6.1.4.3. LIBRO DE INCIDENCIAS

Constarán en él todas aquellas circunstancias y detalles relativos al desarrollo de las obras que el Director considere oportuno y, entre otros, con carácter diario, los siguientes:

- Condiciones atmosféricas generales.
- Relación de trabajos efectuados, con detalle de su localización dentro de la obra.
- Relación de ensayos efectuados con resumen de los resultados o relación de los documentos que estos recogen.
- Relación de maquinaria en obra, con expresión de cual ha sido activa y en que tajo y cual meramente presente, y cual averiada o en reparación.
- Cualquier otra circunstancia que pueda influir en la calidad o el ritmo de ejecución de obra.

En el "Libro de Incidencias" se anotarán todas las órdenes formuladas por la Dirección de Obra y las recomendaciones de la Asistencia Técnica de la misma, que debe cumplir el Contratista. La custodia de éste libro será competencia de la Asistencia Técnica o persona delegada por la Dirección de las obras.

Como simplificación, el Ingeniero Director podrá disponer que estas incidencias figuren en partes de obra diarios, que se custodiaran como anejo al "Libro de Incidencias".

6.1.5. FUNCIONES DE LA DIRECCIÓN

Las funciones de la Dirección en orden a dirección, control y vigilancia de las obras, que fundamentalmente afectan a sus relaciones con el Contratista, son las siguientes:

- Garantizar que las obras se ejecuten ajustadas al Proyecto aprobado o a modificaciones debidamente autorizadas o de detalle y exigir al Contratista el cumplimiento de las condiciones contractuales.
- Definir aquellas condiciones técnicas que los Pliegos de Prescripciones correspondientes dejen a su decisión.
- Resolver todas las cuestiones técnicas que surjan en cuanto a interpretación de planos, condiciones de materiales y de ejecución de unidades de obra, siempre que no se modifiquen las condiciones del Contrato.
- Estudiar las incidencias o problemas planteados en la obra, que impidan el normal cumplimiento del Contrato o aconsejen su modificación, tramitando en su caso, las propuestas correspondientes.
- Tramitar las propuestas de sanciones y de resolución por incumplimiento del contrato.



- Tramitar la resolución de los problemas de las obras relacionadas con servidumbres respecto a otros Organismos de la Administración, o con expropiaciones.
- Asumir personalmente y bajo su responsabilidad, en casos de urgencia o gravedad, la dirección inmediata de determinadas operaciones o trabajos en curso; para lo cual el Contratista deberá poner a su disposición el personal y material de la obra.
- Acreditar al Contratista las obras realizadas, conforme a lo dispuesto en los documentos del Contrato.
- Participar en las recepciones provisionales y definitivas y redactar, en su caso, la liquidación de las obras, conforme a las normas legales establecidas.
- El Contratista está obligado a prestar su colaboración a la Dirección para el normal cumplimiento de las funciones a ésta encomendadas.

6.2. CONDICIONES DE LOS MATERIALES

6.2.1. CONDICIONES GENERALES DE LOS MATERIALES

6.2.1.1. PROCEDENCIA

Todos los materiales deberán cumplir las condiciones que se especifican en los apartados siguientes. Se harán las comprobaciones correspondientes pudiendo ser rechazado cualquier material que a juicio de la Dirección Facultativa no reúna los requisitos exigidos.

El Contratista propondrá a la Dirección Facultativa lugares de procedencia, fábricas, marcas, modelos, etc., salvo indicación en contrario en el presente Pliego, que habrán de ser aprobados por el Director de las obras.

6.2.1.2. ENSAYOS DE RECEPCIÓN

La Dirección Facultativa o bien el presente Pliego, establecerán los materiales a ensayar antes de su utilización así como el tipo de ensayo y normativa a aplicar. Estos ensayos se realizarán en los puntos de suministro, en un laboratorio a pie de obra o en un laboratorio homologado designado por la Dirección Facultativa. Deberá por tanto el Contratista avisar con la suficiente antelación a la Dirección de obra para que pueda realizar estos ensayos. Si no se cursara este aviso, la Dirección Facultativa podrá dar indicaciones para que no pueda procederse al empleo de material alguno que no haya sido examinado y aceptado.

Los materiales rechazados deberán ser distinguidos durante los ensayos de recepción, asimismo deberán ser evacuados de la obra en un plazo no superior a 15 días a partir de la fecha del rechazo.

6.2.1.3. GASTOS CORRESPONDIENTES A LOS ENSAYOS

Todos los gastos ocasionados por este concepto serán por cuenta del contratista.



6.2.1.4. ALMACENAMIENTO Y TRANSPORTE

El Contratista deberá cuidar el almacenamiento de los materiales debiendo reponer aquellos defectuosos debido a deficiencias en el almacenaje u otras causas a él imputables. El hecho de haberse realizado satisfactoriamente la prueba o ensayo correspondiente no exime al Contratista de la obligación de reponer los materiales. El almacenamiento deberá realizarse de forma que se facilite la inspección de los materiales.

6.2.1.5. MATERIALES AMPARADOS POR PATENTES

Podrá ser autorizado por la Dirección Facultativa tras las comprobaciones necesarias.

6.2.1.6. MATERIALES NO ESPECIFICADOS EN EL PLIEGO

El resto de los materiales no especificados en el presente Pliego serán de primera calidad y no podrán ser utilizados sin autorización previa por parte de la Dirección Facultativa la cual podrá rechazarlos si no reúnen las condiciones adecuadas para su uso.

6.2.1.7. MATERIALES VARIOS

Los materiales serán de calidades iguales o superiores a las indicadas en el Proyecto debiendo atenerse a la normativa oficial.

6.2.1.8. PARTES DE LA OBRA OCULTAS

Para poder efectuar estos trabajos, (hormigonado, cubrición de conducciones, soldadura, etc.) será necesario obtener la aprobación de la Dirección Facultativa.

6.2.1.9. RESPONSABILIDAD DEL CONTRATISTA

La recepción de los materiales no excluye la responsabilidad del Contratista para la calidad de los mismos, que quedará subsistente hasta que se reciban definitivamente las obras en que se hayan empleado.

6.2.2. OBRA CIVIL

6.2.2.1. MATERIALES PARA RELLENO DE ZANJAS EN GENERAL

Podrán ser, en los casos indicados en el Proyecto, los productos más adecuados de los resultantes de la excavación. No deberán contener, hasta una altura de 20 cm. por encima de la generatriz superior de la tubería: piedras o terrones de tamaño máximo superior a 10 cm.; ni en su totalidad: fangos, raíces, tierras de yesos o contenido apreciable de materia orgánica; así como cualquier otro elemento que a juicio de la Dirección Facultativa pueda atacar a los materiales de las conducciones.

Si el material procedente de las excavaciones no fuera adecuado se tomarán materiales de préstamo que deberá aprobar la Dirección Facultativa. Se realizarán los ensayos que exija para determinar la idoneidad, admisión o posible corrección de los suelos.



6.2.2.2. ARIDOS PARA CAMA DE ASIENTO DE CONDUCCIONES

El árido fino a emplear podrá ser arena natural, arena procedente de machaqueo o una mezcla de ambos materiales. Las arenas naturales estarán constituidas por partículas estables y resistentes y las artificiales se obtendrán de piedras que cumplan los requisitos del artículo anterior. En ningún caso tendrán granos superiores a 5 mm. No contendrán más del uno por cien en peso de terrones de arcilla.

6.2.2.3. MATERIALES FILTRANTES

Los materiales filtrantes a emplear en rellenos localizados serán áridos naturales o procedentes del machaqueo y trituración de piedra de cantera o grava natural, arenas, escorias, suelos seleccionados o materiales locales exentos de arcilla, marga u otras materias extrañas o vegetales, u orgánicas.

6.2.2.4. MATERIALES PARA TERRAPLENES Y RELLENOS EN GENERAL

Los materiales a emplear en la formación de terraplenes y relleno en general serán suelos o materiales locales, exentos de materia vegetal y cuyo contenido en materia orgánica sea inferior al cuatro por ciento (4%) en peso. En general se obtendrán de las excavaciones realizadas en la propia obra o en préstamos adecuados utilizando, en todo caso, las mejores tierras disponibles.

En núcleos y cimientos de terraplenes deberán emplearse suelos tolerables, adecuados o seleccionados (según denominación PG-3 cap. 330 “Terraplenes”). Cuando el núcleo del terraplén pueda estar sujeto a inundación habrán de usarse suelos adecuados o seleccionados.

En coronación de terraplenes se usarán suelos adecuados, seleccionados, o suelos tolerables estabilizados con cal o con cemento según los artículos 510 y 512 del PG-3.

6.2.2.5. ARQUETAS Y POZOS DE REGISTRO

Se dispondrán según lo indicado en los planos. Los pozos podrán ser ejecutados de obra de fábrica, hormigón armado, pozo de anillos prefabricados, o bien a pozo prefabricado de poliéster. El Contratista podrá ejecutar los pozos de uno u otro tipo.

6.2.2.6. TAPAS DE REGISTRO

Serán de fundición, ajustándose a lo indicado en Planos y en Presupuesto. Según los casos serán aptas para resistir el tránsito que se prevea pueda circular sobre ellas. La fundición tendrá una resistencia mínima a tracción de 3.000 Kg/cm² siendo su contenido máximo en carbono del 3,5%.

Las tapas tendrán composición uniforme y homogénea y estarán exentas de sopladuras, porosidades, defectos de contracción, grietas, etc. Acusarán perfectamente los relieves del molde. No podrán presentar reparación o soldadura alguna.



6.2.2.7. ARIDOS PARA MORTERO Y HORMIGONES

Su coeficiente de calidad, medido por el ensayo de "Los Ángeles" será inferior a treinta y cinco (35). Las arenas para morteros, enlucidos y fábricas de ladrillos no tendrán granos superiores a 3 mm.

Los áridos se compondrán de elementos limpios, sólidos y resistentes, con una uniformidad razonable y estarán exentos de polvo, suciedad, arcilla u otras materias extrañas. Los áridos gruesos en hormigones podrán ser grava natural o procedentes de machaqueo. Los áridos para hormigones cumplirán lo especificado en la EHE.

6.2.2.8. AGUA EN MORTEROS Y HORMIGONES

Estas características se comprobarán antes de su utilización mediante los ensayos que estime oportunos la Dirección Facultativa.

Como norma general podrán utilizarse, tanto para el amasado como para el curado de morteros y hormigones, todas aquellas aguas que la práctica haya sancionado como aceptables; es decir que no hayan producido eflorescencias, agrietamientos o perturbaciones en el fraguado y resistencia de obras similares a las que se proyectan. Para el agua de amasado de hormigones se estará a lo dispuesto en la EHE.

6.2.2.9. CEMENTO

El cemento cumplirá las condiciones del "Pliego de prescripciones técnicas generales para la Recepción de Cementos (RC-97)", y las de la EHE.

El cemento se recibirá en obra en los mismos envases cerrados en que fue expedido de la fábrica y se almacenará en sitio ventilado, defendido de la intemperie y de la humedad del suelo ó de las paredes.

6.2.2.10. HORMIGONES

Dosificación, resistencia y consistencia

La dosificación se hará siempre en peso tanto para los áridos como para el cemento. Con esta dosificación, el hormigón deberá alcanzar con el mínimo de cemento posible una densidad, después de colocado en obra, de 2,35 Tm/m³.

La resistencia determinada según la instrucción ENE a los 28 días en probeta cilíndrica de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura será la especificada en los cuadros de características de los materiales contenidos en los planos estructurales del proyecto.

La determinación de la consistencia se efectuará midiendo los asientos en el cono de Abrams. Los valores máximos de estos asientos serán fijados por la Dirección Facultativa a la vista de los resultados que se vayan alcanzando.

Pruebas del hormigón



La Dirección Facultativa fijará tiempo y número de ensayos a realizar. Según la normativa EHE.

6.2.2.11. ADITIVOS PARA HORMIGONES

El Contratista podrá proponer el empleo de aditivos para el cumplimiento de las características exigidas, documentando ésta con los ensayos correspondientes. La Dirección Facultativa aceptará estas propuestas si se estiman convenientes.

La Dirección Facultativa podrá imponer el uso de aditivos, si con éstos se obtienen las condiciones prescritas en el presente Pliego. Siempre que estas condiciones no se logran sin el empleo de estos aditivos. No podrá utilizarse ningún producto aditivo sin la autorización expresa de la Dirección Facultativa.

6.2.2.12. PRODUCTOS PARA CURADO DE HORMIGONES

Aplicados en forma de pintura pulverizada depositan una película impermeable sobre la superficie del hormigón que impide la pérdida de agua por evaporación. Para la utilización de estos productos se aplicarán las condiciones indicadas en el apartado anterior.

6.2.2.13. ARMADURAS

El acero para armar cumplirá las condiciones exigidas en la Instrucción EHE. Las características resistentes de los aceros para armaduras pasivas y activas vendrán reflejadas en los cuadros y características de los materiales de los planos estructurales del proyecto.

Las armaduras se almacenarán de forma que no estén expuestas a una oxidación excesiva, ni se manchen de grasa, barro, ligantes o aceite. Antes de su utilización se ejecutarán las series de ensayos que estime oportuno la Dirección Facultativa.

6.2.2.14. MORTEROS

El material así como su dosificación, componentes, etc. se ajustarán a lo establecido en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes PG3.

6.2.2.15. ACERO EN CHAPA PARA CALDERERÍA

Producto obtenido por laminación en caliente en tren continuo, semicontínuo o reversible hasta un espesor prefijado. Presenta la superficie generalmente recubierta de una ligera capa de óxido que se elimina por medio de un decapado con una solución ácida, también se puede conseguir mediante medios mecánicos tales como el granallado.

Las chapas así obtenidas podrán ser utilizadas en calderería, y para la fabricación de recipientes o depósitos sometidos a presión y resistentes al calor. El material constitutivo será acero al carbono con las características químicas y mecánicas descritas en el apartado 255.3. y correspondiente a la normativa española UNE 36-087.

Todo el material empleado en calderería que sea susceptible de corrosión deberá ser tratado convenientemente mediante galvanizado en caliente.



6.2.2.16. CARPINTERÍA METÁLICA Y DE ALUMINIO EN PUERTAS Y VENTANAS

La carpintería metálica a emplear y en general toda la cerrajería será en acero galvanizado en caliente, en acero inoxidable y aluminio. Se podrán utilizar diversos tipos de perfiles laminados, chapas, rejilla y flejes, según Norma Tecnológica de la edificación Fachadas Carpintería de Acero, Acero inoxidable y Aleaciones Ligeras NTE FCA, FCI y FCL.

El Contratista vendrá obligado a presentar los planos de detalle o los modelos de cada tipo a construir o instalar, que habrán de someter a la aprobación de la Dirección.

6.2.2.17. ZAHORRA NATURAL Y ARTIFICIAL

Cumplirá con lo indicado en los nuevos artículos 500 y 501 “Zahorra Natural y Artificial” respectivamente, que modifican a los mismos números del PG-3/75 /500 “Sub-bases granulares”) y que está incluido como anexo a la Instrucción sobre Secciones de Firmes de Autovías, aprobada por Orden Ministerial de 31 de Julio de 1986 (BOE de 5 de Septiembre).

6.2.3. OBRA HIDRAULICA

6.2.3.1. CONDICIONES GENERALES DE LAS TUBERÍAS

De forma general, las tuberías elaboradas, así como los materiales que intervengan en la fabricación de los distintos tipos de tuberías a emplear en el presente Proyecto, deberán cumplir todas las estipulaciones contenidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Tuberías de Abastecimiento de Agua, aprobado por O.M. de 28 de Julio de 1.964 (B.O.E. nº 2. 236 y 237 del 2 y 3 de Octubre de 1.974) y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de saneamiento de Poblaciones, aprobado por O.M. de 15 de Septiembre de 1.986 (B.O.E. de 23 de Marzo de 1.987).

La superficie interior de cualquier tubería será lisa, no pudiendo admitirse otros defectos de regularidad que los de carácter accidental o local que queden dentro de las tolerancias prescritas y que no representen merma de la calidad ni de la capacidad de desagüe.

Los tubos y demás elementos de la conducción estarán bien acabados, con espesores uniformes y cuidadosamente trabajados, de manera que las superficies exteriores y, especialmente las interiores queden reguladas y lisas.

Las características físicas y químicas de las tuberías serán inalterables a la acción de las aguas que deben transportar, debiendo la conducción resistir sin daños todos los esfuerzos que esté llamada a soportar en servicio y durante las pruebas y mantener la estanqueidad de la conducción a pesar de la posible acción de las aguas.

Todos los elementos deberán permitir el correcto acoplamiento del sistema de juntas empleado para que estas sean estancas; a cuyo fin los extremos de cualquier elemento



estarán perfectamente acabados para que las juntas sean impermeables, sin defectos que repercutan en el ajuste y montaje de las mismas, evitando tener que forzarlas.

Los tubos deben llevar marcado, de forma legible e indeleble, los siguientes datos:

- Marca del fabricante
- Diámetro nominal
- Presión nominal
- Fecha de fabricación y marcas que permitan identificar los controles a que ha sido sometido el lote a que pertenece el tubo.

El Ingeniero Director se reserva el derecho de realizar en taller cuantas verificaciones de fabricación y ensayos de materiales estime precisos para el control de las diversas etapas de fabricación, según las prescripciones de este PPTP.

Cuando se trate de elementos fabricados expresamente para la obra, el fabricante avisará al Director de Obra con quince días de antelación, como mínimo, del comienzo de la fabricación y de la fecha en que se propone efectuar las pruebas.

El Director de Obra podrá exigir al Contratista certificado de garantía de que se efectuaron en forma satisfactoria los ensayos y de que los materiales utilizados en la fabricación cumplieron las especificaciones correspondientes. Este certificado podrá sustituirse por un sello de calidad reconocido oficialmente.

Cada entrega en obra de los tubos y elementos de unión irá acompañada de un albarán especificando naturaleza, número, tipo y referencia de las piezas que la componen, y deberán hacerse con el ritmo y plazo señalados en el Plan de Obras del Contratista, aprobado en su caso por el Director de Obra.

Las piezas que hayan sufrido averías durante el transporte o que presenten defectos serán rechazadas. Las juntas serán estancas a la presión de prueba de estanqueidad de los tubos, resistirán los esfuerzos mecánicos y no producirán alteraciones apreciables en el régimen hidráulico de la tubería.

El Contratista está obligado a presentar planos y detalles de la junta que se va a emplear de acuerdo con las condiciones del Proyecto, así como tolerancias, características de los materiales, elementos que la forman y descripción del montaje, al objeto de que el Director de Obra, caso de aceptarla, previas las pruebas y ensayos que juzgue oportunos, pueda comprobar en todo momento la correspondencia entre el suministro y montaje de las juntas y la proposición aceptada.

Para las juntas que precisen en obra trabajos especiales para su ejecución (soldaduras, hormigonado, retacado, etc.), el Contratista propondrá a la Dirección de Obra los planos de ejecución de éstas y el detalle completo de la ejecución y características de los materiales, en el caso de que no estén totalmente definidas en el Proyecto. El Director de Obra, previo los análisis y ensayos que estime oportunos, aceptará la propuesta o exigirá las modificaciones que considere convenientes.



Una vez instalada la tubería, antes de su recepción, se procederá a las pruebas preceptivas que se indican en este Pliego.

6.2.3.2. TUBERÍAS CIRCULARES DE PVC

Los tubos de PVC serán elaborados a partir de resina de cloruro de polivinilo pura obtenida por el proceso de suspensión y mezcla posterior ex tensionada. Serán de tipo liso según DIN-9662 y UNE-53112 y las uniones se harán según las Instrucciones de las normas DIN-16930.

Estarán timbradas con las presiones normalizadas de acuerdo con el TPC. Cumplirán las condiciones técnicas y de suministro según las normas DIN-8062 y no serán atacables por roedores.

6.2.3.3. TUBERÍAS DE POLIETILENO

La tubería de polietileno cumplirá con los siguientes requisitos:

- Será de polietileno alta densidad (PE-100), fabricada en color negro con banda azul, en material hostal en CRP y con certificado de conformidad CTC-26-7-95, y ensayada según UNE 53-131.
- Con el fin minimizar los puntos de soldadura se emplearán, siempre que sean posible, barras de 12 m.
- La unión de las tuberías así como de los accesorios para la red se realizará mediante soldadura de termo fusión, mediante máquina especial.

6.3. EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

6.3.1. CONDICIONES GENERALES

6.3.1.1. TRABAJOS PREPARATORIOS

Obras del proyecto

Todas las obras comprendidas en el Proyecto se ejecutarán de acuerdo con los planos del mismo y con las prescripciones del presente Pliego. En caso de duda u omisión, será la Dirección Facultativa quien resuelva las cuestiones que puedan presentarse.

Características geotécnicas de los terrenos

Tanto los ensayos realizados, como las características geotécnicas de los terrenos que de ellos se han deducido, se encuentran en los correspondientes anejos. Todas las obras del proyecto se ajustarán a los parámetros allí indicados. En todo caso se estará a lo indicado al respecto por la dirección facultativa de las obras.

6.3.1.2. PROGRAMA DE TRABAJO

Será presentado por el Contratista en un plazo máximo de 30 días a partir de la notificación de autorización para el comienzo de las obras, e incluirá como mínimo:

- Ordenación de las distintas unidades de obra que integran el Proyecto e indicación del volumen de las mismas.



- Determinación de los medios necesarios (instalaciones, equipos y materiales), con expresión de sus rendimientos medios.
- Estimación en días de calendario, de los plazos parciales de las diversas clases de obras. En ningún caso el plazo total podrá ser superior al fijado en el Proyecto.
- Valoración mensual y acumulada de la obra programada sobre la base de los precios unitarios de adjudicación.
- Representación gráfica de las diversas actividades en un gráfico de barras.

El plazo de ejecución de la obra comenzará al día siguiente de la firma del Acta de Replanteo.

6.3.1.3. VERTEDEROS Y PRODUCTOS DE PRÉSTAMO

El Contratista y bajo su única responsabilidad elegirá los lugares apropiados para la extracción y vertido de los materiales naturales que sean necesarios para la ejecución de las obras, haciéndose cargo de los gastos de canon de vertido o alquiler de préstamos y canteras.

El Contratista entregará a la Dirección Facultativa las muestras de los materiales que ésta le solicite para apreciar la calidad de dichos materiales.

6.3.1.4. INSTALACIONES DE ACOPIOS

Los materiales deberán proceder de los lugares señalados en los documentos del Proyecto o indicados por la Dirección de las obras.

En cualquier caso, el Contratista notificará a la Dirección, con suficiente antelación, las procedencias de materiales que se propone utilizar, aportando cuando así se pida, las muestras y los datos necesarios para demostrar las posibilidades de su aceptación tanto en lo que se refiere a su calidad como a su cantidad.

El Contratista podrá utilizar, en las obras objeto del Contrato, los materiales que obtenga de la excavación con los condicionantes indicados anteriormente.

Los materiales se almacenarán en forma tal que se asegure la preservación de su calidad para utilización en la obra, requisito que deberá ser comprobado en el momento de su utilización.

Las superficies empleadas como zonas de acopios deberán acondicionarse, una vez terminada la utilización de los materiales acumulados en ellas, de forma que puedan recuperar su aspecto original.

6.3.1.5. EQUIPOS, MAQUINARIAS Y MÉTODOS CONSTRUCTIVOS

El Contratista queda obligado a aportar a las obras el equipo de maquinaria y medios auxiliares que sea preciso para la buena ejecución de aquellas.

La Dirección de la obra deberá dar su conformidad a los equipos de maquinaria o instalaciones que deban emplearse para las obras.



6.3.1.6. REPOSICIÓN DE SERVICIOS, ESTRUCTURAS E INSTALACIONES AFECTADAS

La reposición de servicios y estructuras afectadas se hará a medida que se vayan completando las obras en los distintos tramos y con los mismos criterios de calidad y terminación que tuviesen tales servicios y estructuras.

6.3.1.7. UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS EN EL PLIEGO

Las unidades de obra que no se han incluido en el presente Pliego, se ejecutarán de acuerdo con lo sancionado por la costumbre como reglas de buena construcción y las indicaciones que sobre el particular señale la Dirección de las Obras.

6.3.1.8. UNIDADES DE OBRA QUE NO CUMPLAN LAS CONDICIONES DEFINIDAS EN EL PRESENTE PLIEGO

La Dirección Facultativa podrá ordenar su demolición, siendo todos los gastos originados por este motivo por cuenta del Contratista.

6.3.1.9. SEÑALIZACIÓN DE LAS OBRAS

El sistema de señalización de las obras deberá contar con la aprobación de la Dirección Facultativa. El Contratista vigilará continuamente la permanencia del sistema elegido para la señalización de las obras, el cual se ajustará a la normativa vigente, siendo el responsable de cualquier accidente que por omisión o mal uso del sistema se produzca.

Asimismo, en los lugares que se indiquen por la Dirección de la obra, se instalarán carteles indicadores con la mención del título de la obra, fecha de comienzo y terminación, Contratista, etc., de acuerdo con los modelos oficiales. La instalación y conservación de estos paneles, durante la obra y plazo de garantía de la misma, serán a cargo del Contratista.

El Contratista está obligado a instalar las señales precisas para indicar el acceso a la obra, la circulación en la zona que ocupen los trabajos y los puntos de posible peligro debido a la marcha de aquellos.

6.3.1.10. PRECAUCIONES ESPECIALES DURANTE LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

Durante las diversas etapas de la construcción, las obras se mantendrán en todo momento en perfectas condiciones de drenaje. Las cunetas de caminos y otros desagües se conservarán y mantendrán de modo que no se produzcan erosiones en los taludes adyacentes.

Si existe temor de que se produzcan heladas, el Contratista de las obras protegerá todas las zonas que pudieran quedar perjudicadas por los efectos consiguientes. Las partes de obras dañadas se levantarán y construirán a su costa.

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes para la prevención y control de incendios y a las instrucciones complementarias que se dicten por la Dirección de la Planta Móvil de Producción de Palas de Aerogenerador



Obra. En todo caso, adoptará las medidas necesarias para evitar que se enciendan fuegos innecesarios, y será responsable de evitar la propagación de los que se requieran para la ejecución de las obras, así como los daños y perjuicios que se puedan producir. En todo caso, el Contratista, cuidará especialmente de no poner en peligro vidas o propiedades; y será responsable de los daños que se deriven del empleo de explosivos.

El Contratista está obligado especialmente a observar la Ordenanza General de Higiene y Seguridad en el Trabajo, aprobada por Orden de 9 de Marzo de 1.971, así como toda la normativa vigente respecto a la seguridad.

6.3.1.11. OBRAS NO DEFINIDAS COMPLETAMENTE EN ESTE PLIEGO

Aquellas partes de las obras que no queden completamente definidas en el presente Pliego, deberán llevarse a cabo según los detalles con que figuran reseñadas en los planos, según las instrucciones de la Dirección de la obra y teniendo presente los buenos usos y costumbres de la construcción.

6.3.1.12. INCUMPLIMIENTO DE ÓRDENES Y OBRAS DEFECTUOSAS.

Las órdenes escritas dadas por la Dirección de la obra, en el cumplimiento de sus funciones, deberán ser ejecutadas por el Contratista en el mínimo plazo necesario.

Si se advierten vicios o defectos en la construcción, o se tienen razones fundadas para creer que existen ocultos en la obra ejecutada, la Dirección ordenará, antes de la recepción definitiva, la demolición y reconstrucción de las unidades de obra en que se den aquellas circunstancias o las acciones precisas para comprobar la existencia de tales defectos ocultos.

Si la Dirección ordena la demolición y reconstrucción de unidades de obra por creer existentes en ellas vicios o defectos ocultos, los gastos correrán también a cargo del Contratista, si resulta comprobada la existencia real de aquellos vicios o defectos, caso contrario, correrá a cargo de la Administración.

Si la Dirección estima que las unidades defectuosas aunque no cumplan estrictamente las condiciones técnicas establecidas, son sin embargo, admisibles, puede proponer a la Administración la aceptación de las mismas, con la correspondiente rebaja de los precios.

Análogamente puede la Dirección admitir el refuerzo de las obras defectuosas con otras unidades o fábricas que cumplan las dimensiones y características que estime necesarias. Será obligatoria su aceptación por el Contratista, a no ser que prefiera demoler y reconstruir las unidades defectuosas por su cuenta y de acuerdo con las condiciones técnicas establecidas.



6.3.2. OBRA CIVIL

6.3.2.1. CONDICIONES GENERALES DE LAS EXCAVACIONES

Todas las excavaciones se ejecutarán en seco, por lo que el Contratista asumirá a su costa los desvíos de todas las aguas superficiales que se puedan presentar durante la ejecución de las obras, estableciendo además las entibaciones y agotamientos que sean necesarios, excepto que para alguna unidad determinada se indique especialmente en el presente Pliego.

6.3.2.2. PREPARACIÓN Y DESBROCE DEL TERRENO

La Dirección Facultativa decidirá sobre el posterior empleo de los materiales objeto de desbroce. Estos, si se acepta su posterior uso, se limpiarán, acopiarán y transportarán según las instrucciones dadas por la dirección de las obras.

En los desmontes, todos los tocones y raíces mayores de diez centímetros (10 cm) de diámetro serán eliminados, hasta una profundidad no inferior a cincuenta centímetros (50 cm) por debajo de la explanación.

Del terreno natural sobre el que ha de asentarse un relleno se eliminarán todos los tocones o raíces con diámetro superior a diez centímetros (10 cm) de tal forma que no quede ninguno dentro del cimientado del relleno ni a menos de quince centímetros (15 cm) de profundidad bajo la superficie natural del terreno. También se eliminarán bajo los terraplenes de cota inferior a treinta y cinco centímetros (35 cm) hasta una profundidad de cincuenta centímetros (50 cm) por debajo de la explanación.

Fuera de la explanación los tocones podrán dejarse cortados al ras del suelo. Todas las oquedades causadas por la extracción de tocones y raíces se rellenarán con el suelo que ha quedado al descubierto al hacer el desbroce y se compactarán hasta que la superficie se ajuste a la del terreno existente.

Todos los pozos que quedan dentro de la explanación deberán arreglarse conforme a las instrucciones que al respecto dé la Dirección.

Aquellos árboles que ofrezcan posibilidades comerciales serán podados y limpiados; luego se cortarán en trozos adecuados y finalmente se almacenarán cuidadosamente separados de los montones que hayan de ser quemados o desechados. El Contratista no estará obligado a trocear la madera en longitudes inferiores a tres metros (3 m).

Los trabajos se realizarán de forma que produzcan la menor molestia posible a los ocupantes de las zonas próximas a la obra.

Todos los subproductos forestales, excepto la leña de valor comercial serán quemados o eliminados de acuerdo con lo que sobre el particular ordene la Dirección.

Los materiales no combustibles podrán ser utilizados por el Contratista, en la forma y en los lugares que señale la Dirección.



6.3.2.3. EXCAVACIONES PARA EXPLANACIÓN EN CUALQUIER TIPO DE TERRENO

Una vez terminadas las operaciones de desbroce del terreno, se iniciarán las obras de excavación, ajustándose a las alineaciones, pendientes, dimensiones y demás información contenida en el Proyecto, y a lo que sobre el particular ordene la Dirección.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones, y que no se hubiera extraído en el desbroce, se acopiará para su utilización en protección de taludes o superficies erosionables, o donde ordene la Dirección. En cualquier caso, la tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

De los materiales obtenidos de la excavación sólo podrán usarse en la formación de rellenos, los que cumplan las condiciones indicadas en el punto 3.1.1.2 del presente pliego, debiendo transportarse a vertedero los restantes.

6.3.2.4. EXCAVACIONES PARA EXPLANACIÓN EN ROCA.

Las excavaciones en rocas se ejecutarán de forma que no se dañe, quebrante o desprenda la roca de cimentación situada debajo de la futura explanada de las obras. En general, estas excavaciones se iniciarán por la parte superior, en capas de altura conveniente para evitar los perjuicios indicados anteriormente. El Contratista será responsable de los daños que reciban las obras existentes como consecuencia de estos trabajos.

En las excavaciones en roca, el Contratista deberá excavar, como mínimo quince centímetros (15 cm) por debajo de las explanadas, y la excavación resultante se rellenará hasta la explanada con material aprobado. La compactación se efectuará con arreglo a las instrucciones que, al respecto, dicte la Dirección.

La Dirección podrá prohibir la utilización de métodos de voladura que considere peligrosos, aunque la autorización no exime al Contratista de la responsabilidad por los daños ocasionados como consecuencia de tales trabajos.

Si, como consecuencia de los métodos empleados, las excavaciones en roca presentasen cavidades en las que el agua pudiese quedar retenida el Contratista dispondrá los desagües y rellenos correspondientes en la forma que le ordene la Dirección.

6.3.2.5. EXCAVACIÓN EN DESMONTE

Su ejecución y tolerancias se realizarán de acuerdo con las instrucciones dadas por la Dirección Facultativa, así como lo indicado en las normas PG3 y las correspondientes NTE-AD.

Los materiales que vayan a tener una posterior utilización se transportarán directamente a las áreas previstas a tal efecto. No se desechará ningún material excavado sin previa autorización de la Dirección Facultativa.



Los productos de la excavación no empleados serán transportados y vertidos a los vertederos correspondientes, previamente autorizados por la Dirección Facultativa. Salvo autorización expresa de la Dirección Facultativa, queda prohibido dejar maderas procedentes de entibaciones, andamios o encofrados en las paredes de las excavaciones y en las obras de fábrica a ellas adosadas.

6.3.2.6. UTILIZACIÓN DE TIERRAS DE PRÉSTAMO

El Contratista comunicará a la Dirección con suficiente antelación la apertura de los citados préstamos, a fin de que se pueda medir su volumen y dimensiones sobre el terreno natural no alterado y, en el caso de préstamos autorizados una vez eliminado el material inadecuado, realizar los oportunos ensayos para su aprobación, si procede.

6.3.2.7. EXCAVACIÓN EN ZANJAS O POZOS

Se aplicará lo indicado en el art. 321 del PG3 así como la norma NTE-ADZ. Tendrán el ancho de la base, profundidades y taludes que indique el Proyecto, o bien decida en su caso la Dirección Facultativa. Se considerará excavación en zanja cuando la dimensión mayor en planta sea mayor de 4 veces la menor.

Se considerará excavación en pozo siempre que la profundidad sea superior a 2 veces la menor dimensión en planta y siempre que el 70% de los productos de excavación sea extraído por medios propios de pozo.

En caso de temer desprendimientos, después de cada extracción parcial se procederá a ejecutar las entibaciones necesarias.

El material procedente de la excavación se apilará, siempre que sea posible, lo suficientemente alejado del borde de las zanjas, guardándose en todo caso una distancia mínima entre el borde del caballero y el de la zanja de 4 m.

Los caballeros serán discontinuos, dejando un paso de anchura mínimo de 6m en los cruces con caminos y cada 100 ml de caballero. Los productos de las excavaciones se depositarán a un solo lado de las zanjas.

Durante el tiempo en que estén abiertas las zanjas, el Contratista establecerá las señales de peligro y protecciones correspondientes, especialmente por la noche, siendo responsable de su mantenimiento.

Se tomarán las precauciones precisas para evitar que las lluvias inunden las zanjas abiertas, comenzando su excavación por el extremo de menor cota, de tal forma que pueda establecerse un drenaje natural de las mismas.

La preparación del fondo de las zanjas requerirá las siguientes operaciones:

- rectificación del perfil longitudinal.
- recorte de las paredes salientes.
- relleno con arena de las depresiones.



- apisonado general para preparar el asiento de la fase posterior de la obra.

6.3.2.8. EXCAVACIONES EN ZANJAS O POZOS PARA CIMENTACIONES Y EMPLAZAMIENTO

El Contratista de las obras notificará a la Dirección, con la antelación suficiente, el comienzo de cualquier excavación, a fin de que ésta pueda efectuar las mediciones necesarias sobre el terreno inalterado. El terreno natural adyacente al de las excavaciones no se modificará ni removerá sin autorización de la Dirección.

Una vez efectuado el replanteo de las zanjas o pozos, la Dirección de la obra autorizará la iniciación de las obras de excavación.

La excavación continuará hasta llegar a la profundidad señalada en los planos y obtenerse una superficie firme y limpia, a nivel o escalonada, según se ordene. No obstante, la Dirección de la obra podrá modificar tal profundidad, si, a la vista de las condiciones del terreno, lo estima necesario a fin de asegurar una cimentación satisfactoria.

También estará obligado el Contratista a efectuar la excavación de material inadecuado para la cimentación y su sustitución por material apropiado, siempre que se lo ordene la Dirección. Cuando aparezca agua en las zanjas o pozos que se están excavando se utilizarán los medios e instalaciones auxiliares necesarias para agotarla.

El agotamiento desde el interior de una cimentación deberá ser hecho de forma que evite la segregación de los materiales que han de componer el hormigón de cimentación; y en ningún caso se efectuará desde el interior del encofrado antes de transcurridas veinticuatro horas (24 h) desde el hormigonado.

El Contratista someterá a la aprobación de la Dirección de las obras los planos de detalle y demás documentos que expliquen y justifiquen los métodos de construcción propuestos. El material excavado se colocará de forma que no obstruya la buena marcha de las obras, ni el cauce de arroyos, acequias o ríos, ni haga peligrar la estructura de las fábricas parcial o totalmente terminadas.

Las superficies de cimentación se limpiarán de todo el material suelto o flojo que posean, y sus grietas y hendiduras se rellenarán adecuadamente. Asimismo se eliminarán todas las rocas sueltas o desintegradas, y los estratos excesivamente delgados. Cuando los cimientos apoyen sobre material cohesivo, la excavación de los últimos treinta centímetros (30 cm) no se efectuará hasta momentos antes de construir aquellos, y previa autorización de la Dirección.

En cuanto a la utilización de explosivos se estará a lo que dispuesto al respecto en los correspondientes artículos de este Pliego, y en todo caso se informará a la Dirección del uso de los mismos.

La tierra vegetal que se encuentre en las excavaciones correspondientes, y que no hubiere sido extraída en el desbroce, se acopiará para su utilización posterior en protección



de taludes, superficies erosionadas, zonas ajardinadas o donde ordene la Dirección de la obra. La tierra vegetal extraída se mantendrá separada del resto de los productos excavados.

El material excavado no se podrá colocar de forma que represente un peligro para construcciones existentes, por presión directa o por sobrecarga de los rellenos contiguos.

El ancho de las zanjas o pozos, será tal, que se pueda disponer la obra y los eventuales medios auxiliares para construirla (apeos, cimbras, encofrados, entibaciones, etc.) y luego compactar los rellenos localizados resultantes con los medios apropiados, aprobados por la Dirección de la obra. A este respecto, se considerará como mínima una distancia de treinta centímetros (30 cm) al paramento de la obra de fábrica.

No se procederá al relleno de zanjas o excavaciones sin previo reconocimiento de los mismos. Si a la vista del terreno del cimiento resultase la necesidad de variar el sistema de cimentación propuesto, la Dirección tomará las medidas oportunas, ateniéndose el Contratista a las instrucciones que reciba para la prosecución de las obras.

El perfilado de las excavaciones para emplazamientos se ejecutará con toda exactitud, admitiéndose suplementar los excesos de excavación, los cuales lo deberán ser con hormigón de débil dosificación de cemento.

Una vez realizada la excavación de un elemento de cimentación, deberá colocarse de inmediato el hormigón de limpieza para impedir la meteorización y los cambios higrométricos del terreno.

6.3.2.9. EXCAVACIONES EN ZANJA PARA CONDUCCIONES

Las zanjas para emplazamientos de conducciones tendrán la base, profundidad y taludes que figuran en el Proyecto o indique la Dirección. Su fondo se nivelará para que la obra apoye en toda su longitud, debiéndose perfilar su rasante con capa de arena.

Cuando se precise levantar pavimentos existentes, se aplicarán los preceptos que se indican en los siguientes:

Se marcará sobre el terreno su situación y límites, que no deberán exceder de los que han servido de base a la formación del Proyecto y que serán los que han de servir de base al abono de la rotura y reposición del pavimento. Los productos aprovechables de éste se acopiarán en las proximidades de las zanjas.

Las tierras procedentes de las excavaciones se depositarán (si la anchura de la calle lo permite) a una distancia mínima de un metro del borde de la zanja y a un lado de éstas y sin formar cordón continuo dejando las pasarelas necesarias para el tránsito general y para entrada a las edificaciones contiguas.

Todo lo cual se hará utilizando pasarelas rígidas sobre las zanjas. Se tomarán precauciones precisas para evitar que las aguas inunden las zanjas abiertas. Las excavaciones se entibarán cuando la Dirección lo estime necesario, así como también los



edificios situados en las inmediaciones en condiciones tales que hagan temer alguna avería, todo ello a juicio de la citada Dirección de la obra.

Deberán respetarse cuantos servicios y servidumbres se descubran al abrir las zanjas, disponiendo los apeos necesarios. Los agotamientos que sean necesarios se harán reuniendo las aguas en pocillos contruidos fuera de la línea de la conducción.

La preparación del fondo de las zanjas requerirá las operaciones siguientes:

Rectificación del perfil longitudinal, recorte de las partes salientes que se acusen tanto en la planta como en el alzado, relleno de arena de las depresiones y apisonado en general para preparar el asiento de la obra posterior.

Durante el tiempo que permanezcan abiertas las zanjas, establecerá el Contratista señalización completa y continua a lo largo de toda la zanja, bien visible e iluminada por la noche.

Los apeos y entibaciones no se levantarán sin orden escrita por la Dirección. Podrá denegarse el empleo de la totalidad o parte de los materiales procedentes de la demolición del pavimento para su reposición.

6.3.2.10. APERTURA DE ZANJAS

Las zanjas no podrán permanecer abiertas más de tres días sin autorización expresa de la Dirección Facultativa, este plazo deberá ser tenido necesariamente en cuenta por el Contratista al elaborar el Plan de Obras que necesariamente deberá presentar.

Siempre que las excavaciones presenten peligro de derrumbamiento el Contratista dispondrá de las medidas necesarias como entibaciones, bombeos, achiques, etc.

6.3.2.11. REFINO DE EXPLANACIONES Y TALUDES

Las obras de terminación y refino de la explanada se ejecutarán con posterioridad a las de explanación y construcción de drenes y obras de fábrica, que impidan o dificulten su realización.

En el caso de que se prevea la construcción de un afirmado sobre la explanada, la terminación y refino de ésta se realizarán inmediatamente antes de iniciar dicha construcción.

Cuando haya que proceder a un recrecido de espesor inferior a la mitad (1/2) de la tongada compactada, se procederá previamente a un escarificado de todo el espesor de la misma, con objeto de asegurar la trabazón entre el recrecido y su asiento.

No se extenderá ninguna capa de material para afirmado sobre la explanada, sin que se comprueben sus condiciones de calidad y sus características geométricas.

Una vez terminada la explanada, deberá conservarse continuamente con sus características y condiciones, hasta la colocación de la primera capa de afirmado prevista



en el Contrato; o hasta la recepción de la obra, cuando no se precise la construcción de otras capas sobre ella. Las cunetas deberán estar en todo momento limpias y en perfecto estado de funcionamiento.

Cuando la construcción de las obras se halle muy avanzada y la Dirección de la obra lo ordene, se procederá a la eliminación de la superficie de los taludes, de cualquier material blando, inadecuado, o inestable, que no se pueda compactar debidamente, o no sirva a los fines previstos. Los huecos resultantes se rellenarán con materiales adecuados.

Las partes vistas de la explanación deberán quedar, en toda su extensión, conformadas de acuerdo con lo que al respecto se señale en los planos y órdenes complementarias de la Dirección de la obra, debiendo mantenerse en perfecto estado hasta la recepción definitiva de las obras, tanto en lo que se refiere a los aspectos funcionales como a los estéticos.

Los fondos y cimas de los taludes, excepto en desmontes en roca dura, se redondearán, ajustándose a los planos e instrucciones de la Dirección. Las monteras de tierra sobre masas de rocas se redondearán por encima de éstas.

El acabado de los taludes será suave, uniforme y totalmente acorde con la superficie del terreno, sin grandes contrastes, y ajustándose a los planos, y procurando evitar daños a árboles existentes o rocas que tengan pátina, para lo cual podrán hacerse los ajustes necesarios. En el caso de que por las condiciones del terreno no puedan mantenerse los taludes indicados en los planos, la Dirección de la obra, fijará el talud que debe adoptarse e incluso podrá ordenar la construcción de un muro de contención, si fuese necesario.

6.3.2.12. TERRAPLENES

Si el terraplén tuviera que construirse sobre un firme existente, para conseguir la debida trabazón entre ambos, se escarificará la superficie afirmada de acuerdo con la profundidad que determine la Dirección.

Si el terraplén tuviera que construirse sobre terreno natural, en primer lugar se efectuará el desbroce del citado terreno y la excavación y extracción del material inadecuado, si lo hubiera en toda la profundidad requerida en los planos o que determine la Dirección. A continuación para conseguir la debida trabazón entre el terraplén y el terreno, se escarificará éste, y se compactará en las mismas condiciones que las exigidas para el cimiento del terraplén.

En las zonas de ensanche o recrecimiento de antiguos rellenos, se prepararán estos, a fin de conseguir la unión entre el antiguo y el nuevo relleno, y la compactación del antiguo talud. Si el material procedente del antiguo talud cumple las condiciones exigidas por la zona de terraplén de que se trate, se mezclará con el del nuevo terraplén para su compactación simultánea, en caso negativo deberá ser transportado a vertedero.

Cuando el terraplén haya de asentarse sobre un terreno en el que existan corrientes de aguas superficiales o subálveas se desviarán las primeras, y captarán y conducirán las últimas, fuera del área donde vaya a construirse el terraplén, antes de comenzar su



ejecución. Estas obras, que tendrán el carácter de accesorias, se ejecutarán con arreglo a lo previsto para tal tipo de obra en el Proyecto, o en su defecto, lo indicado por la Dirección de la obra.

Si el terraplén hubiera de construirse sobre terreno inestable, turba o arcillas blandas, se asegurará la eliminación de este material o su consolidación.

En los terraplenes a media ladera la Dirección de la obra podrá disponer, para asegurar su perfecta estabilidad, el escalonamiento de aquella mediante la excavación que considere pertinente.

Una vez preparado el cimientado del terraplén, se procederá a la construcción del mismo, empleando materiales que cumplan las condiciones establecidas anteriormente; los cuales serán extendidos en tongadas sucesivas, de espesor uniforme y sensiblemente paralelas a la explanada. El espesor de estas tongadas será de treinta (30) centímetros excepto que la Dirección de la obra fije otra dimensión que, en todo caso, será lo suficientemente reducida para que con los medios disponibles se obtenga en todo su espesor el grado de compactación exigido. Los materiales de cada tongada serán de características uniformes y, si no lo fueran, se conseguirá esta uniformidad mezclándolos convenientemente con maquinaria adecuada para ello.

No se extenderá ninguna tongada mientras no se haya comprobado que la superficie subyacente cumple las condiciones exigidas, y en tanto sea autorizada su extensión por la Dirección de la obra. Cuando la tongada subyacente se halle reblandecida por una humedad excesiva, la Dirección de la obra no autorizará la extensión de la siguiente.

Los terraplenes sobre zonas de escasa capacidad portante se iniciarán por vertido de las primeras capas con el espesor mínimo necesario para soportar las cargas que produzcan los equipos de movimiento y compactación de tierra. Salvo prescripción en contrario, los equipos de transportes de tierras y extendido de las mismas operarán sobre todo el ancho de cada capa.

Una vez extendida la tongada, se procederá a su humectación si es necesario. El contenido de humedad óptimo se obtendrá a la vista de los resultados de los ensayos que se realicen en obra con la maquinaria disponible. En el caso que sea preciso añadir agua, esta operación se efectuará de forma que el humedecimiento de los materiales sea uniforme.

En los casos especiales en los que la humedad del material sea excesiva para conseguir la compactación prevista, se tomarán las medidas adecuadas; pudiéndose proceder a la desecación por oreo o por adición y mezcla de materiales secos, o sustancias apropiadas (por ejemplo, cal viva).

Conseguida la humectación más conveniente, se procederá a la compactación mecánica de la tongada.



En la coronación de los terraplenes, la densidad que se alcance no será inferior al 98 % de la máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado. En el caso de suelos tolerables expansivos, la densidad se deducirá de un ensayo a escala natural.

En los cimientos y núcleos de terraplenes, la densidad que se alcance será la que se indique en el Proyecto, y en su defecto no será inferior al noventa y cinco por ciento (95%) de la máxima obtenida en el ensayo Próctor Modificado, si el material empleado es adecuado.

Si el material es tolerable, la densidad a obtener se fijará en obra, después de efectuar los ensayos necesarios con el equipo aprobado y la humedad conveniente.

En el caso de que sea imprescindible utilizar para cimiento o núcleos de terraplenes suelos inadecuados, la densidad a obtener y la humedad de compactación se fijarán ajustándose a los estudios de laboratorio y ensayos necesarios prescritos en el Proyecto o, en su defecto, los que indique la Dirección de la obra.

Las zonas que por su reducida extensión, su pendiente o proximidad a obras de fábrica no permitan el empleo del equipo que normalmente se está utilizando para la compactación de los terraplenes, se compactarán con los medios adecuados al caso; de forma que las densidades que se alcancen no sean inferiores a las obtenidas en el resto del terraplén.

Si se utilizan para compactar rodillos vibrantes, deberán darse, al final, unas pasadas sin aplicar vibración para corregir las perturbaciones superficiales que hubiera podido causar la vibración y sellar la superficie.

Las zonas que por su forma pudieran retener agua en su superficie se corregirán inmediatamente por el Contratista, escarificándolas para asegurar la trabazón si el recrecido es superior a la mitad del espesor de la tongada.

Los terraplenes se ejecutarán cuando la temperatura ambiente, a la sombra, sea superior a dos grados centígrados; debiendo suspenderse los trabajos cuando la temperatura descienda por debajo de dicho límite.

Sobre las capas en ejecución debe prohibirse la acción de todo tipo de tráfico hasta que se haya completado su compactación. Si ello no es factible, el tráfico que necesariamente tenga que pasar sobre ellas, se distribuirá de forma que no se concentren rodadas en la superficie.

6.3.2.13. RELLENOS DE TIERRAS O DE MATERIALES FILTRANTES LOCALIZADOS

Consisten en la extensión y compactación de materiales terrosos o filtrantes, para relleno de zanja, trasdós de obras de fábrica, o cualquier otra zona cuyas dimensiones no permitan la utilización de los mismos equipos de maquinaria con que se lleve a cabo la ejecución de terraplenes.



Los materiales se extenderán en tongadas sucesivas de espesor uniforme, y sensiblemente horizontales. El espesor de estas tongadas será de treinta (30) centímetros excepto que la Dirección de la obra fije otra dimensión que, en todo caso, será lo suficientemente reducida para que, con los medios disponibles, se obtenga en todo el mismo grado de compactación exigido.

El drenaje de los rellenos contiguos a obras de fábrica se ejecutará antes de, o simultáneamente a, dicho relleno; para lo cual, el material drenante estará previamente acopiado de acuerdo con las órdenes de la Dirección de la obra.

6.3.2.14. RELLENO DE ZANJAS

Se atenderá a lo dispuesto en los artículos correspondientes del Pliego General de Condiciones Facultativas de Tuberías de Abastecimiento de Agua y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de Saneamiento de Poblaciones. No se colocarán más de 100m de tubería sin proceder al relleno, al menos parcial, con objeto de que ésta quede protegida y se eviten posibles accidentes.

El relleno se efectuará por tongadas compactando hasta alcanzar la densidad indicada. Las primeras tongadas hasta alcanzar unos 20cm por encima de la generatriz superior del tubo se harán evitando colocar piedras o gravas con diámetros superiores a los 2 cm. Se evitará la acción de los compactadores sobre la proyección horizontal del colector.

El resto del relleno podrá contener material más grueso aunque éste no debe exceder de los 20cm de diámetro. En estas tongadas deberá alcanzarse como mínimo un grado de compactación del 95% del proctor normal, esta compactación deberá aumentarse al 100% en los últimos 50 cm. del relleno.

El Contratista solicitará la autorización de la Dirección Facultativa para proceder al relleno con tierras de la zanja con objeto de que esta pueda comprobar la calidad del material que envuelve a la tubería. Si el relleno de la zanja se realiza con materiales drenantes como arenas o granos, éstos deberán compactarse hasta alcanzar una densidad relativa no menor del 70% en el relleno general y 75% en los últimos 50 cm.

Si por motivos excepcionales en el montaje de la tubería deben colocarse apoyos aislados deberán justificarse y comprobar su comportamiento mecánico, dada la presencia de tensiones de tracción que pueden producirse.

6.3.2.15. OBRAS DE HORMIGÓN

Para efectuar el hormigonado se deberá contar con la autorización de la Dirección. El Contratista deberá avisar con la suficiente antelación a la Dirección de obra con objeto de que ésta pueda hacer las inspecciones que estime convenientes antes del hormigonado.

Hormigón de limpieza y protección de tubos



Se extenderá en capas de 10cm procurando que se rellenen todos los huecos y terminándolo en superficie rugosa; serán de consistencia plástica y resistencia mínima 15 N/mm².

Hormigón en masa

Se extenderá en capas de 30cm vibrándolo sobre todo en las proximidades de los paramentos y junto al encofrado.

Transporte y puesta en obra del hormigón

La máxima caída libre vertical de la masa será de 1 m.

- el transporte desde la central deberá realizarse en camiones provistos de agitadores, con tambores giratorios o camiones provistos de paletas.
- el período de tiempo máximo entre la carga del mezclador y la descarga del hormigón en obra será de 1 hora 30 min.

No se colocarán en obra capas o tongadas de hormigón cuyo espesor sea superior al que permita una completa compactación de la masa. La compactación se realizará generalmente con vibrador, siendo en este caso el espesor de la tongada tal, que el extremo del vibrador pueda penetrar en la tongada anteriormente vertida. Las vibraciones de penetración deben sumergirse rápida y profundamente en la masa, manteniéndose de 5 a 15 seg. hasta que refluya el agua a la superficie y retirándose lentamente.

Es preferible la inmersión del vibrador en un gran número de puntos, que aumentar el tiempo de vibración en puntos mas distanciados. Nunca se realizará el hormigonado en tanto no se obtenga la conformidad de la Dirección tras revisar la correcta colocación y ejecución de armaduras y encofrados.

Docilidad

Será la necesaria para que con los métodos previstos de puesta en obra y compactación, el hormigón rodee las armaduras sin solución de continuidad y rellene completamente los encofrados sin que se produzcan coqueras. Como norma general no se utilizarán hormigones de consistencia fluida, recomendándose los de consistencia plástica compactados por vibrado.

Las distintas consistencias, los valores límites de los asientos correspondientes en cono de Abrams y las tolerancias serán las siguientes:

Juntas

Se situarán en dirección lo más normal posible a las tensiones de compresión, alejándolas de las zonas donde la armadura esté sometida a fuertes tracciones. Se les dará la forma apropiada mediante tableros y otros elementos que permitan una perfecta compactación del hormigón junto a la junta, asegurando una unión lo más íntima posible entre el antiguo y el nuevo hormigón.



Compactación

El vibrado se cuidará especialmente junto a los paramentos y rincones del encofrado, hasta eliminar las posibles coqueras y conseguir que la pasta refluya a la superficie. El efecto de los vibradores deberá extenderse a toda la masa sin que se produzca la segregación. En el caso de vibradores internos, su frecuencia de trabajo no será inferior a 6.000 r.p.m. debiendo sumergirse en la masa y retirarse verticalmente evitando los desplazamientos horizontales con el vibrador sumergido en el hormigón.

La distancia entre 2 puntos sucesivos de inmersión del vibrados será como máximo 75cm y será la adecuada para producir en la masa vibrada una humectación brillante.

Curado

La duración del curado del hormigón será fijada por la Dirección en función del cemento utilizado y de las características climatológicas, fijándose como dato orientativo un período de 3 días (en tiempo normal y 5 días en tiempo seco). En todo caso, deberá mantenerse la humedad de las superficies del hormigón, evitando que se produzcan, por causas externas como cargas o vibraciones las fisuras en el elemento hormigonado.

El agua que se utilice para estas operaciones cumplirá las condiciones indicadas en la EHE. El curado por riego podrá sustituirse por la impermeabilización de la superficie, mediante recubrimientos plásticos u otros tratamientos especiales, siempre que éstos garanticen evitar la falta de agua en la superficie del hormigón durante el primer período de endurecimiento. Si la temperatura es excesiva, la Dirección podrá exigir la colocación de protecciones suplementarias como una capa de arena, paja o materiales análogos.

Acabado

Los paramentos deberán quedar lisos y sin defectos. Si fuera necesario efectuar algún repaso de una superficie, ésta deberá ser examinada antes por la Dirección, que autorizará si estima conveniente el tratamiento que debe darse. Los trabajos en ese caso, serán por cuenta del Contratista y la obra se abonará como obra defectuosa.

Limitaciones en la ejecución

El hormigonado se suspenderá en tiempo de lluvia debiendo impedirse la entrada de agua en el hormigón fresco. La continuación de los trabajos deberá ser aprobada por la Dirección.

En tiempo caluroso se cuidará que no se produzca la desecación de los amasijos durante el transporte de tal forma que si éste dura más de 30 min. se tomarán las medidas oportunas como cubrir los camiones, etc.

Ensayos

Todos los ensayos a realizar se adecuarán a lo establecido en la norma EHE. El Contratista está obligado a llevar un libro en el que señalará los lugares a los que



corresponden las series de probetas, así como la fecha de hormigonado, roturas y resistencias alcanzadas. Este libro estará en todo momento a disposición de la Dirección.

6.3.2.16. MORTEROS

La mezcla podrá realizarse a mano o mecánicamente. En el primer caso se hará sobre un piso impermeable. El cemento y la arena se mezclarán en seco hasta conseguir un producto homogéneo de color uniforme. A continuación se añadirá la cantidad de agua estrictamente necesaria para que, una vez batida la masa, tenga la consistencia adecuada para su aplicación en obras.

Solamente se fabricará el mortero preciso para uso inmediato rechazándose todo aquel que haya empezado a fraguar y el que no haya sido empleado dentro de los cuarenta y cinco minutos (45') que siguen a su amasado.

Si es necesario poner en contacto el mortero con otros morteros y hormigones que difieran de él en la especie del conglomerante, se evitará la circulación de agua entre ellos, bien sea mediante una capa intermedia muy compacta de mortero fabricado con cualquiera de los dos conglomerantes, o utilizando cualquier otro procedimiento de impermeabilización entre ambos.

Los morteros a utilizar serán los siguientes:

Morteros de cemento clase 35, de dosificación 400kg para enlucidos y de dosificación 250kg de cemento para solados, alicatados y fábricas. Si se teme la aparición de sales eflorescentes, se adicionará cloruro cálcico en la proporción 1kg por cada 50kg de cemento.

6.3.2.17. ENCOFRADOS

Pueden ser de madera o metálicos. Los elementos de encofrado que vayan a utilizarse en más de una vuelta deberán emplearse perfectamente limpios, eliminando cualquier material de su superficie que pueda dejar huella en el hormigón, rellenando los agujeros, si existen, y cepillando nuevamente.

Los encofrados serán suficientemente resistentes y estancos, capaces de soportar la carga y el empuje del hormigón fresco sin deformarse ni dejar escapar ningún volumen de pasta durante el hormigonado. Los encofrados se humedecerán antes del vertido del hormigón.

Los plazos para efectuar el desencofrado de los distintos elementos deberán ser fijados por la Dirección en cada caso. Si se utilizan productos para facilitar el desencofrado, dichos productos no deberán dejar rastros en los paramentos del hormigón, ni impedir la ulterior aplicación de revestimientos. Como norma general se recomienda utilizar para estos fines barnices antiadherentes de siliconas, estando proscritos el uso de gasóleo, grasa consistente, etc.



Los distintos elementos constituyentes del encofrado (costeros, fondos, etc.), se retirarán sin producir sacudidas, ni choques en la estructura, recomendándose cuando los elementos sean de cierta importancia el empleo de cuñas, cajas de arena, gatos... etc., para lograr un descenso uniforme de los apoyos.

Los encofrados de elementos no sometidos a cargas se quitarán lo antes posible, siempre con autorización de la Dirección, para proceder sin retraso al curado del hormigón. Los elementos del encofrado que hayan de volver a utilizarse se limpiarán y rectificarán cuidadosamente.

6.3.2.18. ARMADURAS DE ACERO

Las armaduras se doblarán ajustándose a los planos e instrucciones de la Dirección, realizándose, en general, esta operación en frío y a velocidad moderada por medios mecánicos, no admitiéndose ninguna excepción en aceros endurecidos por deformación en frío o sometidos a tratamientos técnicos especiales. No se admitirá en ningún caso enderezamiento de codos, incluidos los de suministro.

Las armaduras se colocarán limpias, exentas de óxido no adherente, pintura, grasa o cualquier otra sustancia perjudicial. Se dispondrán de acuerdo a los planos del Proyecto, sujetas entre sí y al encofrado, de manera que no puedan experimentar movimientos durante el vertido y compactación del hormigón y permitan a éste envolverlos sin dejar coqueras.

Se prohíbe el empleo de aceros de características mecánicas diferentes. Autorizándose, no obstante, dos tipos diferentes de acero en un mismo elemento, uno para la armadura principal y otro para los estribos.

6.3.3. OBRA HIDRÁULICA

6.3.3.1. TRANSPORTE Y MANIPULACIÓN DE TUBERÍAS

Los tubos, tanto en fábrica como durante el transporte, deberán manipularse sin que sufran golpes o rozaduras, se evitará rodarlos sobre piedras, debiendo colocarse en el vehículo en posición horizontal y paralelamente a la dirección del transporte.

No se admitirá la manipulación por cables desnudos o cadenas en contacto con el tubo, en este caso deberá colocarse un revestimiento del cable que garantice que la superficie del tubo no queda dañada.

6.3.3.2. CONDUCCIONES DE ELEMENTOS PREFABRICADOS

Una vez realizada la zanja, se ejecutará la cama de hormigón en masa o arena según los diferentes casos indicados en los planos de Proyecto, salvo caso especial en el que la Dirección indique lo contrario. Posteriormente, se procederá a la colocación y unión de los tubos prefabricados.



La rasante deberá quedar perfectamente definida y compactada para recibir las piezas que se presentarán perfectamente alineadas, corrigiendo cualquier defecto en este sentido, así como cualquier asiento que pueda producirse.

Una vez colocado el tubo en su posición, se procederá a una nueva inspección cerciorándose de que está libre de tierras, piedras, etc., a continuación se calzará y acodalará con material de relleno que impida su movimiento.

Las tuberías se mantendrán libres de agua, para lo que se aconseja montar los tubos en sentido ascendente asegurando el desagüe en los puntos más bajos. La estanqueidad de la junta deberá quedar garantizada mediante aros de goma.

6.3.3.3. PRUEBAS DE TUBERÍA INSTALADA

Una vez colocada la tubería de cada tramo, contruidos los pozos y antes del relleno de zanja, el Contratista comunicará a la Dirección que dicho tramo está en condiciones de ser probado. La Dirección ordenará la prueba, en cuyo caso fijará la fecha para ésta y una vez realizada a plena satisfacción autorizará el relleno de la zanja.

Las pruebas se realizarán obturando la entrada de la tubería en el pozo aguas abajo, así como cualquier otro punto por el que pueda salirse el agua, llenándose a continuación completamente de agua la tubería y el pozo de aguas arriba del tramo a probar.

Transcurridos 30 minutos desde el llenado, se inspeccionarán los tubos, juntas y pozos, comprobándose que no ha habido pérdidas de agua. Todo el personal, elementos y materiales necesarios para la realización de las pruebas serán por cuenta del Contratista.

Si se aprecian fugas durante la prueba, el Contratista las corregirá procediéndose a continuación a una nueva prueba. En este caso, el tramo en cuestión no se tendrá en cuenta para el cómputo de la longitud total a ensayar.

6.3.3.4. POZOS DE ALCANTARILLADO Y ARQUETAS DE REPARTO

Las paredes de los pozos podrán ser de obra de fábrica de ladrillo perforado de 1 pie de espesor sobre solera de hormigón en masa H-125, según se recoge en los planos de Proyecto; no obstante la Dirección podrá autorizar el cambio de tipo de pozo a hormigón armado, o bien a pozo de anillos prefabricados.

El Contratista podrá ejecutar los pozos de uno u otro tipo (con el visto bueno de la D.F.). Los pozos de ladrillo, deberán enfoscarse interiormente con una capa de 1 cm. mínimo de mortero 1:3. Los pozos serán circulares de 1,10m de diámetro interior. Se colocarán pates de 20mm de diámetro, anclados a las paredes de forma sólida. Se colocará un pate cada 30cm como máximo.

Las tapas y cerco serán de fundición dúctil. Cada pozo terminado deberá inexcusablemente limpiarse y taparse para impedir posteriores atascos de los colectores no admitiéndose bajo ningún concepto solución de compromiso en este sentido.



Deben situarse, en el caso de conductos no visitables, a una distancia máxima de 50m. Como norma general se dispondrán pozos de registro en los puntos singulares, tales como cambios de alineación, cambios de pendiente, etc.

6.3.3.5. CÁMARAS DE DESCARGA

Si bien no están previstos, caso de que se aconseje la ejecución de alguna, se situará en las cabezas de los ramales donde sean de temer sedimentaciones, bien por reducida pendiente o por escaso caudal previsible. Tendrán una capacidad mínima de 600 litros y el dispositivo de descarga automática será tal que asegure un desagüe uniforme con un caudal de 20 litros/seg. En cuanto a la constitución de la fábrica, enlucido y tapa se atenderán a lo especificado anteriormente para los pozos de registro.

6.3.3.6. SUMIDEROS

Los sumideros serán de rejilla de fundición horizontal colocados junto al bordillo de las aceras. Las acometidas de los sumideros a la red general se efectuarán al pozo de registro más inmediato. En las proximidades del sumidero deberá modificarse ligeramente la forma de la calzada para facilitar la entrada del agua.

En cuanto a la constitución de la fábrica, enlucido, marco y rejilla se estará a lo especificado en los planos y en el artículo anterior de pozos de registro.

6.3.3.7. PRUEBAS PARA TUBERÍAS DE SANEAMIENTO

El Contratista dispondrá los medios precisos para las pruebas, facilitando los aparatos de medida necesarios para realizar éstas.

6.3.4. OBRAS DE DISTRIBUCION DE AGUAS

6.3.4.1. ZANJAS Y OBRAS DE ALBAÑILERÍA

Zanjas:

Para enterrar la tubería de la red se realizarán las operaciones de excavación y tapado de la forma siguiente:

- Excavación de la zanja con una anchura mínima de 60 cm. y una profundidad mínima de 1 m.
- Antes de tender la tubería se nivelará el fondo de la zanja con una "cama de arena" de río seca de un espesor aproximado medio de 15 cm. compactada.
- Una vez tendida la tubería se tapará con arena de río o relleno seleccionado, libre de terrones y piedras, hasta un mínimo de 15 cm. por encima de la generatriz superior de la tubería, teniendo cuidado de llenar los lados de la canalización y apisonándolos para después de la compactación, obtener una densidad óptima.
- El resto de la zanja se puede ir rellenando con capas sucesivas de 30 cm. compactadas una después de la otra, utilizando la tierra excavada y compactando con máquina vibradora.



- Las uniones de tubería y conexiones de válvulas se dejarán al descubierto hasta realizar las pruebas hidrostáticas.
- En las zonas con pavimento se repondrá éste con la misma calidad que el existente y después de haber realizado las pruebas hidrostáticas y las de funcionamiento.

Arquetas

Las arquetas que contendrán las válvulas de seccionamiento estarán realizadas con ladrillo con unas medidas interiores según planos de detalle o mínimas de 0,75 x 0,75 m. o las necesarias para poder accionar la/s válvulas así como su posible desmontaje en caso de tenerse que cambiar alguna de ellas y una profundidad mínima igual a la de la zanja más 20 cm. y además se tendrá en cuenta lo siguiente:

- El fondo de las arquetas tendrá una "cama" para el drenaje realizada con arena o grava que no contenga elementos con un diámetro superior a 33 mm.
- La tapa será de fundición y con indicación de que es para el servicio contra incendios, las medidas serán según planos de detalle o como mínimo de 0,75 x 0,75 en caso de ser cuadrada y de 0,80 cm. de diámetro si es redonda.
- La arqueta estará enfoscada interiormente con mortero de cemento y los pasos de los tubos debidamente sellados.

Pasos de calles

Los cruces de la tubería de la red por las zonas de rodadura, se realizarán introduciendo ésta en el interior de una tubería de hormigón de diámetro suficiente para albergar el tubo de acero, teniendo en cuenta lo siguiente:

- Excavación de la zanja con una anchura mínima de 80 cm. y una profundidad mínima de 1 m.
- Antes de introducir el tubo de hormigón se nivelará el fondo de la zanja con una "cama de arena" de río seca de un espesor aproximado medio de 15 cm. compactada.
- Una vez tendido tubo se tapará con arena de río o relleno seleccionado, libre de terrones y piedras, hasta un mínimo de 15 cm. por encima de la generatriz superior de la tubería, teniendo cuidado de llenar los lados de la canalización y apisonándolos para después de la compactación, obtener una densidad óptima.
- El resto de la zanja se puede ir rellenado con capas sucesivas de 30 cm. compactadas una después de la otra, utilizando la tierra excavada y compactando con máquina vibradora o con hormigón.
- El pavimento se repondrá con la misma calidad que el existente y después de haber realizado las pruebas hidrostáticas y las de funcionamiento.

Bancada para los soportes de sujeción de la tubería vista

Para la soportación de la tubería vista se construirán unos dados de hormigón de medidas 0,40 x 0,40 x 0,20 m. que servirán para anclar los soportes de sujeción de la tubería de acero.



6.3.4.2. TUBERÍAS Y ACCESORIOS

El Contratista deberá presentar a la previa aprobación del Director de Obra los datos detallados de los tubos y juntas que pretenda emplear.

Las tuberías a emplear en conducciones de saneamiento deberán cumplir con el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías de Saneamiento de Poblaciones. Para garantizar que los tubos colocados en obra responden a las características especificadas en el Proyecto, se procederá a un control de calidad que contemplará las pruebas y ensayos en fábrica que se indican en los Pliegos Oficiales vigentes. Además, se someterán en obra, antes de su empleo, a un reconocimiento minucioso que permita comprobar su perfecto estado después del transporte y descarga, desechándose los que presenten fisuras exteriores o interiores, desconchados o exfoliaciones, o tengan dañadas las superficies de sus extremos.

Cualquier especificación insatisfecha por una serie de tubos y que haga suponer la existencia de un fallo sistemático en el proceso de fabricación, invalidará todo el lote al que pertenezcan aquellos y será rechazado por la Dirección de Obra.

6.3.4.3. EQUIPOS DE MANGUERA BIE

Los equipos de manguera contra incendios a instalar serán del tipo de 45 mm. en las naves y del tipo de 25 mm. en las oficinas y aulas.

Todas las BIE se instalarán de manera que el centro de las mismas quede a 1,5 m. sobre el suelo acabado.

Las BIE de 45 mm. estarán compuestas por:

- Armario, metálico en chapa de acero, preparado para el montaje de la tubería y de todos sus accesorios.
- Puerta, marco metálico cromado con panel de cristal estirado de 3 mm.
- Acabado, esmaltado en color rojo y homologado según UNE 23-402-89 por AENOR
- Devanadera de radios cromada con capacidad para 20 mts. de manguera de 45 mm.
- Manguera en tejido sintético con protección interior de caucho, resistente a la podredumbre y al moho. Conexión por racor. Diámetro nominal 45 mm. y longitud 20 m.
- Racores en aluminio estampado según UNE 23-400-94
- Lanza, cuerpo de policarbonato o ABS de tres efectos (pulverización, chorro y cierre).
- Válvula, angular, en latón cromado con toma de manómetro.
- Manómetro, esfera de diám. 63 mm., escala 0 - 16 Kg/cm².
- Rótulo, adhesivo, "ROMPASE EN CASO DE INCENDIO"

Las BIE de 25 mm. estarán compuestas por:



- Armario, metálico en chapa de acero, preparado para el montaje de la tubería y de todos sus accesorios.
- Puerta, marco metálico cromado con panel de cristal estirado de 3 mm.
- Acabado, esmaltado en color rojo y homologado según UNE 23-403-89 por AENOR
- Devanadera, metálica de chapa con alimentación axial y con capacidad para 20 mts. de manguera de 25 mm.
- Manguera semirrígida, en tejido sintético con protección interior de caucho, resistente a la podredumbre y al moho. Conexiones por racor. Diámetro nominal 25 mm. y longitud 20 m.
- Racores, en aluminio estampado según UNE 23-400-94
- Lanza, cuerpo de policarbonato o ABS de tres efectos (pulverización, chorro y cierre).
- Válvula, angular, en latón cromado con toma de manómetro.
- Manómetro, esfera de diámetro 63 mm., escala 0 - 16 Kg/cm².
- Rótulo, adhesivo, "ROMPASE EN CASO DE INCENDIO".

6.3.4.4. PRUEBAS Y RECEPCION DE LA INSTALACION RED CONTRA INCENDIOS

Red de tuberías

Debido a que la presión estática en la red de 8 Kg/cm²., una vez terminada la instalación se someterá a una prueba de estanqueidad realizada a 12 Kg/cm². durante 1 h. sin que aparezcan fugas de ningún tipo.

En caso de alguna fuga se vaciará la red, se reparará la fuga y se volverá a someter la instalación a la presión de prueba. Los sistemas de BIE se someterán igualmente a la misma presión señalada.

Grupo de bombeo

Una vez terminado el montaje del grupo de bombeo, así como sus conexiones hidráulicas y eléctricas se llevará a cabo las pruebas señaladas en la UNE 23-500 para la bomba principal. Para ello y mediante el colector de pruebas, se abrirá la válvula del colector hasta que por el medidor de caudal tengamos indicación de que la bomba está suministrando 125 m³/h (140% del caudal nominal), tomando nota de la presión que indica el manómetro del grupo, que no podrá ser inferior a 5,25 Kg/cm². (70% de la presión nominal).

Igualmente se realizará la operación anterior poniendo la bomba a funcionar a su régimen de presión y caudal nominal. Con los datos obtenidos mediante las dos operaciones anteriores se comprobará la curva presión caudal es igual a la señalada por el fabricante para este grupo.

Recepción de la instalación



Una vez realizadas las pruebas descritas anteriormente, se procederá a una prueba de funcionamiento real, mediante la apertura en el caso de los hidrantes de un hidrante o en el caso de las BIE de 2 BIE de 45 mm. también funcionando a la vez, comprobando en ambos casos los alcances de los chorros de las mangueras.

Una vez terminadas las pruebas señaladas en los apartados anteriores, emitirá el correspondiente certificado de recepción de la instalación, para lo cual previamente el contratista habrá entregado los libros de instrucciones de la instalación, los planos "AS BUILT" y el certificado de instalador autorizado. La instalación no se recepcionará si no se cumplen todas las premisas anteriormente descritas.

6.4. PRUEBAS Y ENSAYOS

6.4.1. GENERALIDADES

6.4.1.1. RECONOCIMIENTO DE LOS MATERIALES

Los materiales acopiados a pie de obra y antes de su empleo, deberán ser reconocidos por la Dirección, quién siempre que lo estime conveniente, podrá ordenar tomar muestras de los materiales acopiados y remitirlas para su análisis o ensayo al Laboratorio, que, a propuesta del Contratista, considere adecuado.

Los materiales rechazados, marcados con pintura, deberán ser retirados de la obra dentro del plazo de ocho días, contados a partir de la fecha en que fueron rechazados. Si el Contratista no los retira en el plazo fijado, se entenderá que renuncia a dicho material a favor de la Administración, la que podrá disponer libremente de él, siendo de cuenta del Contratista los gastos que ocasione la operación de retirarlos de la obra a la distancia máxima de un kilómetro del punto en que fueron acopiados por el Contratista.

6.4.1.2. PRUEBAS A REALIZAR

En general, se efectuarán las pruebas y ensayos, que decida la Dirección de la obra. Estos ensayos, aún en los casos no indicados en este Pliego, se harán con arreglo a las normas que estén vigentes para cada tipo de material o unidad de obra. Cualquier tipo de ensayo para el que no existan normas oficiales se realizarán según las instrucciones que dicte la Dirección de la obra.

6.4.1.3. CLASES DE ENSAYOS Y PRUEBAS

Las pruebas y ensayos podrán ser de tres clases:

De recepción de materiales. Cuando se hayan de efectuar dichas pruebas, los materiales afectados por las mismas, no podrán ser empleados hasta que a la vista del resultado, lo ordene la Dirección de la obra. Las pruebas de recepción de materiales, podrán suprimirse cuando se trate de elementos que a su vez deban responder a un pliego oficial de condiciones tipo, en cuyo caso se podrá exigir al Contratista la presentación de certificado de garantía expedido por la factoría o entidad, que a su vez, le suministre dichos materiales.



De control de ejecución. Se refieren a ensayos efectuados sobre unidades de obra ya construidas o en curso de ejecución y que no constituyan ensayos de recepción. Si los resultados de este tipo de ensayos no fuesen satisfactorios, el Contratista vendrá obligado a demoler o retirar las partes de obra afectadas por la deficiencia y a tomar las medidas correctivas que fuesen necesarias, hasta obtener resultados de ensayos satisfactorios.

De recepción de obra. Se efectuarán inmediatamente antes de la entrega de la obra ya terminadas. Si los resultados no fuesen satisfactorios podrá negarse la recepción hasta tanto no se subsanen las deficiencias observadas.

6.4.2. ENSAYOS DE RECEPCIÓN DE MATERIALES

6.4.2.1. MATERIALES PARA OBRAS DE FÁBRICA

En cuanto a ensayos concernientes al hormigón se estará a lo que dispone los artículos 62 al 71 (ambos incluidos), de la "Instrucción de hormigón Estructural" EHE.

6.4.2.2. MATERIALES METÁLICOS

En general se considerará satisfactoria la aportación de certificados de garantía por parte de la factoría siderúrgica. No obstante, para el hormigón armado, se estará a lo que indica la "Instrucción de hormigón estructural" EHE.

6.5. MEDICIÓN Y ABONO DE LAS UNIDADES DE OBRA

6.5.1. CONDICIONES GENERALES

6.5.1.1. PRECIOS A LOS QUE SE ABONARÁN LAS UNIDADES DE OBRA

Las unidades de obra se abonarán a los precios que figuren en el Cuadro de Precios del Proyecto, (o de acuerdo con los precios contradictorios acordados según la legislación vigente) con los aumentos y descuentos que figuran en el Contrato que sirve de base para la ejecución de las obras.

Dichos precios se abonarán con las unidades terminadas y ejecutadas con arreglo a las condiciones establecidas en este Pliego, dictadas por la Dirección de la obra, y comprende el suministro, transporte, manipulación y empleo de los materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para su ejecución y retirada de productos sobrantes, así como cuantas necesidades se requieran para que la obra realizada sea aprobada por la Dirección.

Las normas para la medición se establecen en el correspondiente apartado del presente Pliego. Las partidas alzadas a justificar se abonarán a los precios del contrato, de acuerdo con las condiciones del mismo y con el resultado de las mediciones correspondientes. Las partidas alzadas de abono íntegro se abonarán al Contratista, una vez terminados los trabajos u obras a que se refieran, de acuerdo con las condiciones del Contrato.

**6.5.1.2. UNIDADES DE OBRA QUE HAN DE QUEDAR OCULTAS**

Las unidades de obra cuyas dimensiones y características hayan de quedar posterior y definitivamente ocultas, deberán ser medidas antes de su ocultación, por lo que el Contratista está obligado a avisar a la Dirección con la suficiente antelación a fin de que se puedan realizar las correspondientes mediciones y toma de datos.

A falta de aviso anticipado, queda el Contratista obligado a aceptar las decisiones de la Dirección sobre el particular, siendo de su cuenta las operaciones necesarias para que la medición se pueda llevar a cabo.

6.5.1.3. OBRAS CONCLUIDAS Y OBRAS INCOMPLETAS

Las obras concluidas se abonarán con arreglo a los precios designados en el Cuadro del Proyecto. Cuando fuera preciso valorar obras incompletas se hará mediante la aplicación de un porcentaje a dichos precios. Este porcentaje, será establecido por la Dirección una vez escuchada la opinión al respecto del Contratista.

6.5.1.4. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN DEL TERRENO

Consisten estos trabajos en pozos, zanjas y calicatas. Estos se medirán y abonarán según lo especificado en el presente Pliego con los precios contemplados en el Presupuesto.

6.5.1.5. UNIDADES DE OBRA COMPRENDIDAS EN EL PRESENTE PLIEGO

Las unidades se medirán según los criterios indicados en los siguientes artículos y se abonarán según los precios definidos en el presupuesto correspondiente. Estos precios incluyen salvo que se indique lo contrario:

Mano de obra:

- todos los materiales.
- el transporte.
- operaciones y medios auxiliares necesarios para terminar la unidad de obra.

6.5.1.6. UNIDADES DE OBRA NO ESPECIFICADAS EN EL PRESENTE PROYECTO

Si durante la ejecución de las obras hubiese que realizar algunas unidades no previstas en este Pliego, ni en otro documento del Proyecto, para su abono se redactarán los correspondientes precios propuestos por la Dirección, basándose en los costes elementales fijados en la descomposición de los precios unitarios del contrato, o, en los costes que correspondiesen a la fecha de licitación. Estos precios serán aprobados por la Administración y se considerarán incorporados al cuadro de precios del Proyecto de acuerdo con lo que se indique al respecto en el Reglamento de Contratación.



6.5.2. OBRA CIVIL

6.5.2.1. GENERALIDADES SOBRE EXCAVACIONES

Se medirán deduciendo su volumen de las líneas de excavación teóricas de los planos o croquis que haya ordenado la Dirección a partir de los perfiles reales del terreno. Las ampliaciones de las trincheras o mejoras de los taludes de los emplazamientos se abonarán al mismo precio unitario que la excavación normal en el material correspondiente.

6.5.2.2. EXCAVACIÓN EN ZANJAS

Se abonarán los m³ deducidos de las dimensiones y cotas marcadas en los planos, el perfilado de los taludes laterales, el rasante o de la zanja y el transporte de las tierras a vertedero o lugar señalado por la Dirección.

6.5.2.3. RELLENO DE MATERIAL GRANULAR FILTRANTE

Se abonarán los m³ de volumen teórico medidos de las secciones y cotas a rellenar en los planos facilitados por la Dirección. Este precio incluye el suministro del material.

6.5.2.4. RELLENOS DE TIERRAS

Las distintas zonas de los rellenos localizados de tierras se abonarán por metros cúbicos realmente ejecutados, medidos por diferencia entre los datos iniciales, tomados inmediatamente antes de iniciarse los trabajos, y los datos finales, tomados inmediatamente después de completar el relleno.

6.5.2.5. ENTIBACIONES

Caso de que fueran precisas, se abonarán por metro cuadrado (m²) de superficie de talud de zanja medidas sobre los planos, estando incluido en el precio todos los elementos necesarios para su correcta utilización y montaje.

6.5.2.6. AGOTAMIENTOS

Si fueran necesarios los agotamientos a realizar, a nivel presupuestario, se entienden incluidos en aquellas partidas cuya adecuada ejecución los hagan precisos.

6.5.2.7. HORMIGONES

Condiciones Generales

Se medirán las siguientes partidas:

- el hormigón por volumen en m³.
- el encofrado y desencofrado por su superficie en m².
- las armaduras por su peso en Kg.

No obstante se podrán definir otras unidades, tales como ml de viga, m² de losa, m² de hormigón de limpieza, etc., en cuyo caso el hormigón se medirá y se abonará de acuerdo con dichas unidades. El cemento, áridos, agua y adiciones, así como la fabricación, transporte y vertido del hormigón, quedan incluidas en el precio unitario, lo mismo que su compactación, ejecución de juntas, curado y acabado.



No se abonarán las operaciones que sea preciso realizar para limpiar, enlucir y reparar las superficies de hormigón en los que se acusen irregularidades de los encofrados superiores a las toleradas o que presenten defectos. En los precios están incluidas todas las operaciones necesarias para la fabricación, transporte y puesta en obra del hormigón, así como el cemento.

Penalizaciones

Serán por cuenta del Contratista todos los gastos originados por los ensayos de información que estime convenientes la Dirección para asegurarse de la medida de los defectos que presenten las obras. No obstante, si los resultados de estas pruebas y análisis demostrasen la corrección de los elementos, instalaciones o materiales ensayados, el Contratista no tendrá que asumir los gastos.

Hormigón de Limpieza

Se medirá por su volumen teórico según planos.

Hormigón en Masa y Armado

Se medirán por su volumen teórico según planos. Los excesos producidos por sobre excavación irán por cuenta del Contratista.

6.5.2.8. HIERROS EN REDONDOS PARA ARMADURAS

Se medirán y abonarán los Kg realmente colocados según los planos de armado, multiplicando la longitud de las barras por el peso que marcan teóricamente las tablas para los diámetros correspondientes. En este precio se consideran incluidos todos los materiales auxiliares para la perfecta colocación de las armaduras como alambre, separadores, etc. El precio comprende así mismo el suministro, transporte, manipulación y empleo de todos los materiales, maquinaria y mano de obra necesarios para su ejecución, e incluye la limpieza, doblado, izado, colocación y sustentación de las armaduras.

6.5.2.9. ENCOFRADOS

Los encofrados y moldes se medirán por metros cuadrados de superficie de hormigón medidos sobre los planos. A tal efecto los forjados (si no son autoportantes) se considerarán encofrados por la parte inferior y bordes laterales y las vigas por sus laterales y fondo. En este precio se consideran incluidos todos los materiales, mano de obra y medios auxiliares para el montaje, la sustentación el desmontaje y posterior desencofrado, como cimbras, apeos, andamiajes, separadores, limpieza, etc.

6.5.2.10. ELEMENTOS METÁLICOS EN GENERAL

Las partes metálicas de las obras se abonarán al precio por kilogramo que aparezca consignado en el Cuadro de Precios para el material de que se trate, considerándose incluido en dicho precio el coste de adquisición, trabajo de taller, transporte, montaje y colocación en obra, pinturas antióxido, pernos de fijación y restantes acabados.



El peso se deducirá, siempre que sea posible, de los pesos establecidos en los catálogos de perfiles y de las dimensiones correspondientes medidas sobre los planos del Proyecto o en los facilitados por la Dirección durante la ejecución, y debidamente comprobados en la obra realizada. En otro caso se determinará el peso efectivo, debiendo el Contratista dar su conformidad a las cifras obtenidas antes de la colocación definitiva en obra de las piezas o estructuras metálicas. Como excepción a esta forma de abono se admiten:

a) Las unidades de carpintería metálica, se medirán en metros cuadrados de acuerdo con su definición en el cuadro de precios. Se incluye el coste de todos los elementos, mano de obra y medios auxiliares necesarios para el colgado de las hojas y montaje de rejillas y cercos, pinturas de imprimación y acabado, correspondiendo la superficie medida al hueco total dejado en la fábrica.

b) Las barandillas metálicas, que se podrán abonar asimismo por metros cuadrados (m²) o metros lineales de acuerdo con su definición en el Proyecto, e incluyendo en el precio los mismos conceptos que en el apartado anterior.

6.5.2.11. MORTEROS Y ENLUCIDOS

Los morteros se medirán y abonarán por metros cúbicos (m³) de mezcla, totalmente fabricada, colocada y fraguada. No serán de abono los volúmenes sobrantes o no utilizados de la mezcla. Los enlucidos se medirán y abonarán por metros cuadrados (m²) de superficie completamente tratada.

6.5.3. OBRA HIDRAULICA

6.5.3.1. CANALIZACIONES DE HORMIGÓN, FUNDICIÓN, P.V.C. Y POLIETILENO

Los precios comprenden, además del suministro y colocación de los tubos, la preparación del asiento, la ejecución de las juntas incluyendo los materiales necesarios para producir la estanqueidad requerida y las pruebas exigidas por este Pliego. Asimismo está incluida la parte proporcional de piezas especiales, codos, etc.

Se abonará por metros lineales (m.l.) realmente ejecutados de tubería, si lo son de acuerdo con este Proyecto y las órdenes del Ing. Director. La medición se hará sobre la tubería realmente colocada.

6.5.3.2. POZOS DE REGISTRO

Se medirán y abonarán las unidades ejecutadas y definidas en el Cuadro de Precios.

6.5.4. SERVICIOS AFECTADOS

Este concepto se encuentra incluido en el de “gastos generales”, por lo que no tiene entidad propia.



6.6. DISPOSICIONES GENERALES

6.6.1. DISPOSICIONES APLICABLES

El contenido de este Pliego prevalecerá sobre las disposiciones que se citan, y caso de no hacerse mención en el Pliego al tema y existir varias disposiciones en la normativa al respecto, prevalecerá la más restrictiva a juicio de la Dirección.

6.6.1.1. NORMATIVA GENERAL APLICABLE

De acuerdo con el artículo 1º A). Uno, del Decreto 462/1971, de 11 de marzo, en la ejecución de las obras deberán observarse las normas vigentes sobre construcción. A tal fin se incluye la siguiente relación no exhaustiva de la normativa técnica aplicable.

NORMATIVA DE CARÁCTER GENERAL:

- **Ley de Ordenación de la Edificación**
Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 6 de noviembre de 1999
- **Código Técnico de la Edificación (CTE)**
Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.
B.O.E.: 28 de marzo de 2006
- **Procedimiento básico para la certificación de eficiencia energética de edificios de nueva construcción**
Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 31 de enero de 2007
- **Ley reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción**
Ley 32/2006, de 18 de octubre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 19 de octubre de 2006
Desarrollada por:
 - **Desarrollo de la Ley 32/2006, de 18 de octubre, reguladora de la subcontratación en el sector de la construcción**
Real Decreto 1109/2007, de 24 de agosto, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 25 de agosto de 2007
Modificada por:
 - **Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**
Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 23 de diciembre de 2009

MEDIO AMBIENTE Y ACTIVIDADES CLASIFICADAS

- **Regulación de las emisiones sonoras en el entorno debidas a determinadas máquinas de uso al aire libre**
Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 1 de marzo de 2002



Modificada por:

- **Modificación del Real Decreto 212/2002, de 22 de febrero**
Real Decreto 546/2006, de 28 de abril, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 4 de mayo de 2006

- **Ley del Ruido**

Ley 37/2003, de 17 de noviembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 18 de noviembre de 2003

- **Ley de calidad del aire y protección de la atmósfera**

Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 16 de noviembre de 2007

- **Reglamento de actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas**

Decreto 2414/1961, de 30 de noviembre.
B.O.E.: 7 de diciembre de 1961

RECEPCIÓN DE MATERIALES

- **Disposiciones para la libre circulación de productos de construcción, en aplicación de la Directiva 89/106/CEE**

Real Decreto 1630/1992, de 29 de diciembre, del Ministerio de Relaciones con las Cortes y de la Secretaría del Gobierno.
B.O.E.: 9 de febrero de 1993

- **Ampliación de los anexos I, II y III de la Orden de 29 de noviembre de 2001, por la que se publican las referencias a las normas UNE que son transposición de normas armonizadas, así como el período de coexistencia y la entrada en vigor del mercado CE relativo a varias familias de productos de construcción**

Resolución de 13 de mayo de 2008, de la Dirección General de Industria.
B.O.E.: 2 de junio de 2008

- **Instrucción para la recepción de cementos (RC-08)**

Real Decreto 956/2008, de 6 de junio, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 19 de junio de 2008

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 22 de agosto de 2008

- **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 2 de abril de 2005

AD ACONDICIONAMIENTO DE L TERRENO MOVIMIENTO DE TIERRAS

- **DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-C.
Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

AS ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL



- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

ASB ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, RED DE SANEAMIENTO HORIZONTAL, ACOMETIDAS

- **Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)**

Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 11 de octubre de 2002

ANS ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO, NIVELACIÓN, SOLERAS

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

- **DB HE Ahorro de energía**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

C CIMENTACIONES

- **DB SE Seguridad estructural**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-C.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)**

Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 11 de octubre de 2002

CR CIMENTACIONES REGULARIZACIÓN

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

CS CIMENTACIONES SUPERFICIALES

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.



B.O.E.: 22 de agosto de 2008

CSL CIMENTACIONES SUPERFICIALES LOSAS

- **DB HE Ahorro de energía**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

CA CIMENTACIONES ARRIOSTRAMIENTOS

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

CN CIMENTACIONES NIVELACIÓN

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

E ESTRUCTURAS

- **DB SE Seguridad estructural**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB SE-AE Seguridad estructural: Acciones en la edificación**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-AE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB SI Seguridad en caso de incendio**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SI.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)**

Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 11 de octubre de 2002

EA ESTRUCTURAS ACERO

- **DB SE-A Seguridad estructural: Acero**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-A.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

EAE ESTRUCTURAS ACERO ZANCAS DE ESCALERA

- **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 2 de abril de 2005

EAFESTRUCTURAS ACERO FORJADOS



- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

EAM ESTRUCTURAS ACERO MONTAJES INDUSTRIALIZADOS

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

EX ESTRUCTURAS MIXTAS

- **DB SE-A Seguridad estructural: Acero**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-A.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

PP PARTICIONES, PUERTAS DE PASO INTERIORES

- **DB SI Seguridad en caso de incendio**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SI.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB SU Seguridad de utilización**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SU.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

IL INSTALACIONES INFRAESTRUCTURA DE TELECOMUNICACIONES

- **Ley general de telecomunicaciones**

Ley 32/2003, de 3 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 4 de noviembre de 2003

- **Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones**

Real Decreto Ley 1/1998, de 27 de febrero, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 28 de febrero de 1998

- **Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51**

Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: Suplemento al nº 224, de 18 de septiembre de 2002

IAF INSTALACIONES AUDIOVISUALES TELEFONÍA BÁSICA

- **Ley general de telecomunicaciones**



Ley 32/2003, de 3 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 4 de noviembre de 2003

- **Infraestructuras comunes en los edificios para el acceso a los servicios de telecomunicaciones**

Real Decreto Ley 1/1998, de 27 de febrero, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 28 de febrero de 1998

- **Procedimientos de evaluación de la conformidad y los requisitos de protección relativos a compatibilidad electromagnética de los equipos, sistemas e instalaciones**

Real Decreto 444/1994, de 11 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 1 de abril de 1994

- **Reglamento que establece el procedimiento para la evaluación de la conformidad de los aparatos de telecomunicaciones**

Real Decreto 1890/2000, de 20 de diciembre, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

B.O.E.: 2 de diciembre de 2000

IC INSTALACIONES CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y A.C.S.

- **Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios (RITE) y sus Instrucciones técnicas (IT)**

Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 29 de agosto de 2007

ICA INSTALACIONES CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y A.C.S. AGUA CALIENTE

- **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

ICN INSTALACIONES CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y A.C.S., UNIDADES AUTÓNOMAS DE CLIMATIZACIÓN

- **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

ICV INSTALACIONES CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y A.C.S., UNIDADES CENTRALIZADAS DE CLIMATIZACIÓN

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

- **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

ICS INSTALACIONES CALEFACCIÓN, CLIMATIZACIÓN Y A.C.S., SISTEMAS DE CONDUCCIÓN DE AGUA

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.



Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HE Ahorro de energía**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

- **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

IF INSTALACIONES FONTANERÍA

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **Criterios sanitarios de la calidad del agua de consumo humano**

Real Decreto 140/2003, de 7 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 21 de febrero de 2003

- **Criterios higiénico-sanitarios para la prevención y control de la legionelosis**

Real Decreto 865/2003, de 4 de julio, del Ministerio de Sanidad y Consumo.

B.O.E.: 18 de julio de 2003

IFA INSTALACIONES FONTANERÍA ACOMETIDAS

- **Norma de Construcción Sismorresistente: parte general y edificación (NCSE-02)**

Real Decreto 997/2002, de 27 de septiembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 11 de octubre de 2002

IO INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS

- **DB SI Seguridad en caso de incendio**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SI.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **Reglamento de Instalaciones de protección contra incendios**

Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 14 de diciembre de 1993

- **Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales**

Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

B.O.E.: 17 de diciembre de 2004

IOA INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS ALUMBRADO DE EMERGENCIA

- **DB SU Seguridad de utilización**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SU.



Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HE Ahorro de energía**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

IOX INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS EXTINTORES

- **ITC MIE-AP5. Instrucción Técnica Complementaria sobre extintores de incendios**

Orden de 31 de mayo de 1982, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 23 de junio de 1982

IOJ INSTALACIONES CONTRA INCENDIOS, PROTECCIÓN PASIVA CONTRA INCENDIOS

- **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 2 de abril de 2005

IS INSTALACIONES SALUBRIDAD

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

ISB INSTALACIONES SALUBRIDAD BAJANTES

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Q CUBIERTAS

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

QT CUBIERTAS INCLINADAS

- **DB SE-AE Seguridad estructural: Acciones en la edificación**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-AE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 20 de diciembre de 2007



- **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 2 de abril de 2005

R REVESTIMIENTOS

- **Clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego**

Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 2 de abril de 2005

RR REVESTIMIENTOS PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- **DB SI Seguridad en caso de incendio**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SI.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Modificado por el Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

Corrección de errores.

B.O.E.: 25 de enero de 2008

RS REVESTIMIENTOS SUELOS Y PAVIMENTOS

- **DB SI Seguridad en caso de incendio**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SI.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HE Ahorro de energía**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HE.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

SMS SEÑALIZACIÓN Y EQUIPAMIENTO BAÑOS, APARATOS SANITARIOS

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

- **DB HR Protección frente al ruido**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico HR.

Real Decreto 1371/2007, de 19 de octubre, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 23 de octubre de 2007

UA URBANIZACIÓN INTERIOR DE LA PARCELA ALCANTARILLADO

- **DB HS Salubridad**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico HS.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006



UAP URBANIZACIÓN INTERIOR DE LA PARCELA, ALCANTARILLADO POZOS DE REGISTRO

- **DB SU Seguridad de utilización**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SU.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

UXC URBANIZACIÓN INTERIOR DE LA PARCELA, PAVIMENTOS EXTERIORES CONTINUOS DE HORMIGÓN

- **Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)**

Real Decreto 1247/2008, de 18 de julio, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 22 de agosto de 2008

UF URBANIZACIÓN INTERIOR DE LA PARCELA, SECCIONES DE FIRME

- **Norma 6.1-IC. Secciones de firme de la Instrucción de carreteras**

Orden FOM/3460/2003, de 28 de noviembre, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 12 de diciembre de 2003

- **Actualización de determinados artículos del pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes, relativos a firmes y pavimentos**

Orden FOM/891/2004, de 1 de marzo, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 6 de abril de 2004

G GESTIÓN DE RESIDUOS

- **Ley de envases y residuos de envases**

Ley 11/1997, de 24 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 25 de abril de 1997

- **Ley de residuos**

Ley 10/1998, de 21 de abril, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 22 de abril de 1998

- **Plan nacional de residuos de construcción y demolición 2001-2006**

Resolución de 14 de junio de 2001, de la Secretaría General de Medio Ambiente.

B.O.E.: 12 de julio de 2001

- **Regulación de la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición**

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 13 de febrero de 2008

GC GESTIÓN DE RESIDUOS CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS

- **Operaciones de valorización y eliminación de residuos y Lista europea de residuos**

Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, del Ministerio de Medio Ambiente.

B.O.E.: 19 de febrero de 2002

Y SEGURIDAD Y SALUD

- **Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 25 de octubre de 1997

- **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**

Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.

B.O.E.: 10 de noviembre de 1995



- Completada por:
- **Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**
Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 24 de mayo de 1997
Modificada por:
 - **Ley de Medidas Fiscales, Administrativas y del Orden Social**
Ley 50/1998, de 30 de diciembre, de la Jefatura del Estado.
Modificación de los artículos 45, 47, 48 y 49 de la Ley 31/1995.
B.O.E.: 31 de diciembre de 1998
Completada por:
 - **Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**
Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 1 de mayo de 2001
Completada por:
 - **Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**
Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 21 de junio de 2001
Modificada por:
 - **Ley de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales**
Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 13 de diciembre de 2003
Desarrollada por:
 - **Desarrollo del artículo 24 de la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales, en materia de coordinación de actividades empresariales**
Real Decreto 17/1/2004, de 30 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 31 de enero de 2004
Completada por:
 - **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**
Real Decreto 13/11/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 5 de noviembre de 2005
Completada por:
 - **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**
Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 11 de marzo de 2006
Completada por:



- **Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**
Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 11 de abril de 2006
Modificada por:
- **Modificación de diversas leyes para su adaptación a la Ley sobre el libre acceso a las actividades de servicios y su ejercicio**
Ley 25/2009, de 22 de diciembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 23 de diciembre de 2009
- **Reglamento de los Servicios de Prevención**
Real Decreto 39/1997, de 17 de enero, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 31 de enero de 1997
Completado por:- **Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**
Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 24 de mayo de 1997
Modificado por:
- **Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención**
Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 1 de mayo de 1998
Completado por:
- **Protección de la salud y seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con los agentes químicos durante el trabajo**
Real Decreto 374/2001, de 6 de abril, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 1 de mayo de 2001
Completado por:
- **Disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico**
Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 21 de junio de 2001
Completado por:
- **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores frente a los riesgos que puedan derivarse de la exposición a vibraciones mecánicas**
Real Decreto 1311/2005, de 4 de noviembre, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 5 de noviembre de 2005
Completado por:
- **Protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición al ruido**
Real Decreto 286/2006, de 10 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.
B.O.E.: 11 de marzo de 2006



Completado por:

- **Disposiciones mínimas de seguridad y salud aplicables a los trabajos con riesgo de exposición al amianto**

Real Decreto 396/2006, de 31 de marzo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 11 de abril de 2006

Modificado por:

- **Modificación del Reglamento de los Servicios de Prevención y de las Disposiciones mínimas de seguridad y de salud en las obras de construcción**

Real Decreto 604/2006, de 19 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 29 de mayo de 2006

- **Seguridad y Salud en los lugares de trabajo**

Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

- **Manipulación de cargas**

Real Decreto 487/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

- **Protección de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a agentes cancerígenos durante el trabajo**

Real Decreto 665/1997, de 12 de mayo, del Ministerio de la Presidencia.

B.O.E.: 24 de mayo de 1997

- **Utilización de equipos de trabajo**

Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 7 de agosto de 1997

YCI SEGURIDAD Y SALUD, SISTEMAS DE PROTECCIÓN COLECTIVA, PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- **ITC MIE-AP5. Instrucción Técnica Complementaria sobre extintores de incendios**

Orden de 31 de mayo de 1982, del Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 23 de junio de 1982

Orden de 26 de octubre de 1983, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se modifican los artículos 2, 9 y 10.

B.O.E.: 7 de noviembre de 1983

Orden de 31 de mayo de 1985, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se modifican los artículos 1, 4, 5, 7, 9 y 10 y adición de un nuevo artículo.

B.O.E.: 20 de junio de 1985

Orden de 15 de noviembre de 1989, del Ministerio de Industria y Energía, por la que se modifica la ITC MIE-AP5.

B.O.E.: 28 de noviembre de 1989

Modificada por:

- **Modificación de la Instrucción Técnica Complementaria MIE-AP5 del Reglamento de aparatos a presión sobre extintores de incendios**

Orden de 10 de marzo de 1998, del Ministerio de Industria y Energía.



B.O.E.: 28 de abril de 1998

Corrección de errores:

- **Corrección de errores de la Orden de 10 de marzo de 1998**

Ministerio de Industria y Energía.

B.O.E.: 5 de junio de 1998

YI SEGURIDAD Y SALUD EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL

- **Utilización de equipos de protección individual**

Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 12 de junio de 1997

YS SEGURIDAD Y SALUD SEÑALIZACIONES Y CERRAMIENTOS DEL SOLAR

- **Señalización de seguridad y salud en el trabajo**

Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

B.O.E.: 23 de abril de 1997

Y toda otra Disposición Legal Vigente durante la obra y particularmente las de Seguridad y Señalización. Será responsabilidad del Contratista conocerlas y cumplirlas sin poder alegar en ningún caso que no se le haya hecho comunicación explícita.

6.6.1.2. NORMATIVA PARTICULAR APLICABLE (PRUEBAS Y ENSAYOS)

XCONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS

- **Disposiciones reguladoras generales de la acreditación de Laboratorios de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación**

Real Decreto 1230/1989, de 13 de octubre, del Ministerio de Obras Públicas y Urbanismo.

B.O.E.: 18 de octubre de 1989

- **Disposiciones reguladoras de las áreas de acreditación de Laboratorios de Ensayos para el Control de Calidad de la Edificación**

Orden FOM/2060/2002, de 2 de agosto, del Ministerio de Fomento.

B.O.E.: 13 de agosto de 2002

XM CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS ESTRUCTURAS METÁLICAS

- **DB SE-A Seguridad estructural: Acero**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-A.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

XS CONTROL DE CALIDAD Y ENSAYOS ESTUDIOS GEOTÉCNICOS

- **DB SE-C Seguridad estructural: Cimientos**

Código Técnico de la Edificación (CTE). Parte II. Documento Básico SE-C.

Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.

B.O.E.: 28 de marzo de 2006

Se deberán cumplir, de manera extensiva, las normativas generales, siendo completadas por las siguientes normas particulares:

- Desbroce y limpieza del terreno. Su ejecución deberá ajustarse a las prescripciones exigidas en el PG-3 en su Artículo 320.3.



- Excavación en zanjas y pozos. Su ejecución deberá ajustarse a las prescripciones exigidas en el PG-3 en su Artículo 321.1. La tolerancia de las superficies excavadas serán las que especifica el Artículo 321.5.
- Excavación en caja y cimentaciones. Se deberá cumplir las prescripciones establecidas en el PG-3 en el Artículo 320.1.
- Relleno y compactación de zanjas y trasdós en pozos. Se cumplirán las prescripciones que establece el PG-3 en los Artículos 323.5 y 332.6 y las Normas de Ensayo de laboratorio del Transporte y Mecánica del Suelo (MOPU).
- Refino de explanadas y taludes. Se cumplirán las prescripciones que establece el PG-3 en los Artículos 340.2, 340.3 y 341.2.

ENSAYOS: Por cada 5.000 m³;

- 1 Índice CBR, según NLT-III/78.
- 2 Próctor según NLT-07/72.
- 2 Contenido de humedad, según NLT-102/72 y NLT 106/72.
- 2 Límites de ATTERBEG, según NLT-05/72 y NLT-106/72.
- 2 Contenido de materia orgánica, según NLT 117/72.
- 2 Material que pasa por tamiz 0'080 UNE, según NLT-152/72.

Por cada 1.000 m³ o fracción; 3 de densidad "in situ", según NLT-109/72.

- Arena en lecho de asiento de tuberías. Se cumplirá cuanto prescribe el Artículo 9.12 del P.P.T. para las tuberías de Saneamiento de Población.

ENSAYO:

Los que especifican en el Artículo citado anteriormente.

- Materias drenantes. Se cumplirá lo que dice el PG-3 en sus Artículos 420.3 y 421.3.
- Imbornales y tapas de arquetas y pozos. Se cumplirán las prescripciones de la Norma UNE 36.111.73.112 para fundición del mismo Fg-30 ó FG-35.
- Abastecimientos de agua. Se cumplirán las prescripciones del Pliego General de Condiciones Facultativas para tuberías de abastecimiento (O.M. 28-Julio-1974).
- Saneamiento. Se cumplirá lo prescrito en el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para tuberías de saneamiento de poblaciones (O.M. de 1986-09-15) y las Normas Tecnológicas para la Edificación NTE-ISA y NTE-ISD.

ENSAYOS:

Absorción de agua, según UNE 7.008. Elasticidad, según UNE 7.023. Resistencia al desgaste, según UNE 7.015. Resistencia a la flexión, según UNE 7.024.

- Hormigones, enfoscados y aceros para armaduras. En su ejecución y puesta en obra se cumplirá con cuanto prescribe la Instrucción del hormigón Estructural "EHE".
- Acero S-275JR en perfiles laminados. Será de obligado cumplimiento lo previsto en CTE DB SE-A.
- Forjados. En su ejecución se cumplirán las prescripciones de la Instrucción para el Proyecto y Ejecución de Forjados unidireccionales de hormigón armado o pretensado, EHE-08.
- Formación de cubiertas. Se cumplirá lo que dice la NTE. Q "cubiertas" del MOPU.



- Guarnecidos, enfoscados, solados y alicatados. Su ejecución deberá cumplir con las prescripciones establecidas en la NTE-R "revestimientos". Los azulejos se ajustarán a lo establecidos en la Norma UNE 24.007 cumpliendo las calidades y tolerancias de los clasificados como de 1ª.
- Barandilla y escaleras metálicas (carpintería metálica). Los aceros que entren en su construcción cumplirán con lo preceptado en los Capítulos MR-52' y MR-52" del P.D.C.C. La carga de rotura será de 40Kg m.m², el alargamiento de 22%, el límite de trabajo de 1.200Kg/m² y la rotura a esfuerzo constante de 960Kg/m². Deberán cumplir lo dispuesto en la NTE-FCA "carpintería de acero" y las UNE-36.536; 7.010; 7.014; 7.017; 7.019; 7.029; 7.051; 7.056; 7.183; 7.282; 736.007 y 36.556.
- Red de desagües de los edificios. Cumplirán con las NORMAS UNE-88.211; 37.201.77 Y 37.202.78. Toda la instalación ha de cumplir cuanto establece la NTE.155 "instalaciones de salubridad y Saneamiento" y el Pliego de Prescripciones Técnicas Generales de Tuberías y Saneamientos de Población del MOPU.
- Redes de distribución de agua fría y caliente. Deberán ajustarse a la NTE-IFF y a la NTE-IFC así como a la Norma Básica "Instalaciones anteriores de agua" del Ministerio de Industria y Energía O.M.09-12-1975, B.O.E. 13-1-76 y Resolución 14-2-80 (B.O.E. 7-Mayo-1980).

6.6.2. FACILIDADES PARA LA INSPECCION

En todo momento se facilitará a la Dirección o a sus representantes toda clase de facilidades para las labores de replanteos, reconocimientos, mediciones, inspección y control de tal forma que en todo momento se pueda comprobar el cumplimiento de las condiciones establecidas.

Estas facilidades incluyen el libre acceso a todas las zonas de la obra, incluso a los talleres o fábricas donde se produzcan y preparen los materiales.

6.6.3. CONTRADICCIONES Y OMISIONES DEL PROYECTO

Lo mencionado en algún documento del Proyecto y omitido en otros habrá de ser ejecutado tal y como si se encontrara en todos reflejado. En caso de existir contradicción prevalecerá siempre lo indicado por la Dirección de las obras.

6.6.4. SUBCONTRATO DE LAS OBRAS

El Contratista pondrá en conocimiento de la Dirección aquellos trabajos que serán ejecutados por subcontratistas. De todos los trabajos realizados el responsable será el Contratista principal, no pudiendo en ningún caso deducirse relación contractual entre el subcontratista y la propiedad.

6.6.5. PLANOS COMPLEMENTARIOS DE DETALLE

Será responsabilidad del Contratista, la elaboración de cuantos planos complementarios de detalle sean necesarios para la correcta realización de las obras. Estos planos serán supervisados por la Dirección.

**6.6.6. ARCHIVO ACTUALIZADO DE OBRA REALIZADA**

El Contratista dispondrá en obra de un juego completo de Planos de Proyecto, así como copias de los planos complementarios realizados por él y supervisados por la Dirección y una copia de los restantes documentos de que consta este Proyecto.

Una vez finalizadas las obras el Contratista está obligado a presentar una colección de planos de obra realmente ejecutada, siendo de su cuenta los gastos ocasionados por este motivo.

6.6.7. AUTOCONTROL

El Contratista realizará a su costa el autocontrol que garantice el plazo y la correcta ejecución de la obra, así como la idoneidad de los materiales empleados.

6.6.8. MEDIDAS DE SEGURIDAD

El Contratista vendrá obligado al cumplimiento de lo dispuesto en el Reglamento de Higiene y Seguridad del Trabajo, y de cuantas disposiciones legales de carácter laboral, social, de protección a la Industria Nacional, etc. rijan en la fecha en que se ejecuten las obras.

6.6.9. MEDICIONES Y VALORACION

Se harán mediciones y valoraciones con arreglo a las bases fijadas por las condiciones del capítulo V., o en su defecto, por los documentos antes citados, tanto para los parciales durante la ejecución como para la medición definitiva y liquidación final de la Contrata.

6.6.10. RELACIONES VALORADAS

Las relaciones valoradas y certificaciones parciales se efectuarán por meses.

6.6.11. PLAN DE OBRAS

El Contratista está obligado a presentar a la Dirección de Obra un Plan de Ejecución en el Plazo de un mes a partir de comprobación de replanteo. Dicho Plan de Ejecución incluirá un Programa de Trabajos, con especificación de los plazos parciales y fechas de terminación de las distintas unidades de obra, compatibles con el plazo total de ejecución.

6.6.12. DISPOSICION FINAL

En todo aquello que no se haya concretamente especificado en este Pliego de Condiciones, el Contratista se atenderá a lo dispuesto por la Normativa vigente para la Contratación y Ejecución de las Obras del Estado, con rango jurídico superior.



CAPÍTULO 7:

ANEXOS



7.1. ANEXO I: LA ENERGÍA EÓLICA

7.1.1. ENERGÍA EÓLICA

¿De dónde viene la energía eólica? Todas las fuentes de energías renovables (excepto la mareomotriz y la geotérmica), e incluso la energía de los combustibles fósiles, provienen, en último término, del sol. El sol irradia 174.423.000.000.000 kWh de energía por hora hacia la Tierra. En otras palabras, la Tierra recibe $1,74 \times 10^{17}$ W de potencia.

Entre un 1 y un 2 por ciento de la energía proveniente del sol es convertida en energía eólica.

El viento se genera por el calentamiento desigual que sufre la tierra. El calentamiento es más intenso cerca del ecuador y durante el día. Generalmente el aire caliente sube, para después circular por la parte superior de la atmósfera y caer en las zonas más frías. A nivel del suelo la circulación es en sentido inverso.

El efecto combinado del calentamiento desigual de la tierra y de las fuerzas centrífugas y de Coriolis debidas a la rotación, da lugar a vientos a escala terráquea con una tendencia más o menos permanente. En la siguiente figura se indican los vientos alisios, polares y vientos del Oeste como ejemplos significativos de vientos con estas características.

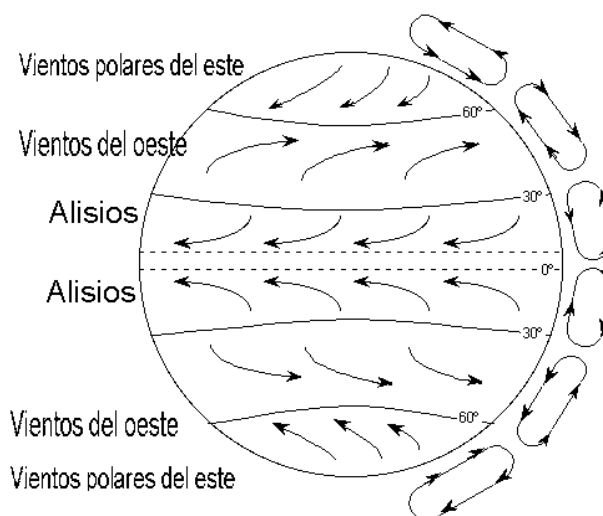


Figura1: Vientos a escala global.

A escalas suficientemente grandes, del orden de los 100 Km, el viento resulta fundamentalmente de un equilibrio entre la fuerza de Coriolis, la fuerza de presión y el rozamiento con el suelo. La fuerza de Coriolis es perpendicular a la velocidad del aire y es a mano derecha de su trayectoria en el hemisferio norte y a la izquierda en el sur. Por encima de la capa límite terrestre, de unos mil metros de altura, el rozamiento con el suelo es poco significativo, y puede ser una buena aproximación considerar que hay equilibrio entre las fuerzas de Coriolis y las de presión, de manera que las trayectorias serían las



líneas isobaras de presión constante. Este viento se suele conocer con el nombre de viento geostrófico.

Si se considera un seno de bajas presiones el sentido sería el inverso, y en el hemisferio sur los sentidos serían los opuestos a los del hemisferio norte. En zonas próximas a la superficie del suelo, el rozamiento con el mismo adquiere más importancia, y la dirección de la velocidad adquiere una componente en la dirección de mayor a menor presión.

A una escala menor, el desigual calentamiento de la tierra puede crear brisas a escala local en costas, montañas o valles. Por ejemplo, el desigual calentamiento o enfriamiento de la tierra y el mar, que absorben o emiten distinta energía por radiación, dan lugar a las brisas marinas nocturnas y diurnas. La tierra se calienta o enfría más rápidamente que el mar, de manera que durante el día el aire caliente fluye por las capas bajas del mar, donde cae el aire frío, a la tierra donde se eleva el aire caliente. Por la noche ocurre el fenómeno inverso. También puede ocurrir que haya aire frío pesado que se desliza por las laderas causando vientos importantes. A una escala local, más pequeña, puede haber muchos otros factores que influyen considerablemente en el viento; unos de los más importantes son los obstáculos y configuraciones orográficas, que dan lugar a efectos aceleradores, por ejemplo, en las colinas, que son de mucho interés para el aprovechamiento de la energía eólica.

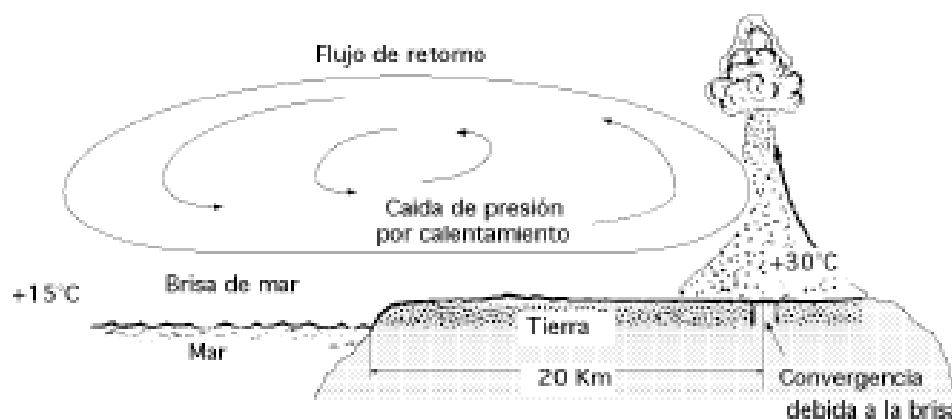


Figura 2: Esquema general de un viento particular tierra-mar y viceversa (brisas).

Los meteorólogos suelen denominar a las tres escalas anteriores del movimiento atmosférico macro-escala, meso-escala y micro-escala, respectivamente. La macro-escala típica es de unos 1000 Km. La meso-escala es de unos 10 a 500 Km y corresponde por ejemplo a las brisas marinas, o a los vientos asociados a cordilleras o valles. La micro escala se refiere al tamaño de la perturbación debida a obstáculos tales como colinas o montículos, o hasta las mismas estelas de las aeroturbinas.

Por tanto, el viento varía espacialmente, siendo estas variaciones en grandes escalas o en escalas más pequeñas. En cualquier caso, aún en terreno llano el viento varía con la



altura sobre el suelo. El estudio de dicha variación es de gran importancia por las siguientes razones:

1. A mayor altura hay mayor velocidad del viento y, por tanto, la potencia producida por los aerogeneradores también es mayor.
2. Cada pala, al girar, se encuentra con viento variable, por lo que se generan cargas alternativas que producen fatiga en los componentes mecánicos y fluctuaciones en la potencia eléctrica que deterioran la calidad de la energía producida.

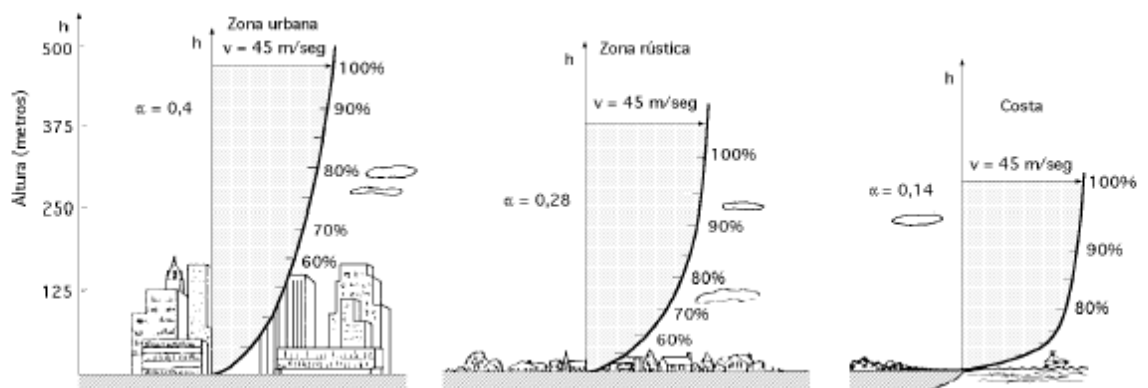


Figura 3: Variación de la velocidad del viento (capa límite) con la altura sobre el terreno.

Como ya se indicó anteriormente, el viento por encima de una cierta altura está sujeto a un equilibrio entre las fuerzas de presión y las de Coriolis. Sin embargo, a medida que se reduce la distancia al suelo aparece un efecto de rozamiento y el viento se frena. Este proceso de frenado ocurre en la capa límite terrestre cuyo espesor varía según las condiciones climatológicas. Un valor típico medio puede ser de 2 Km, aunque en noches frías y claras de poco viento puede llegar a ser de unos 100 m y bastante mayor en días soleados. Un esquema típico de la capa límite terrestre se muestra en la figura anterior.



7.1.2. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA

7.1.2.1. VENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA

La energía eólica no contamina, es inagotable y retrasa el agotamiento de combustibles fósiles contribuyendo a evitar el cambio climático. Es una tecnología de aprovechamiento totalmente madura y puesta a punto.

Es una de las fuentes de energía más baratas, puede competir en rentabilidad con otras fuentes energéticas tradicionales como las centrales térmicas de carbón (tradicionalmente el combustible más barato) e incluso con la energía nuclear, si se consideran los costes de reparar los daños medioambientales.

El generar energía eléctrica sin que exista un proceso de combustión o una etapa de transformación térmica supone, desde el punto de vista medioambiental, un procedimiento muy favorable por ser limpio, exento de problemas de contaminación, etc. Se suprimen radicalmente los impactos originados por los combustibles durante su extracción, transformación, transporte y combustión, lo que beneficia a la atmósfera, el suelo, el agua, la fauna, la vegetación, etc.

Evita la contaminación que conlleva el transporte de los combustibles; gas, petróleo, gasoil, carbón. Se reduce el intenso tráfico marítimo y terrestre cerca de las centrales. Suprime los riesgos de accidentes durante estos transportes: limpiezas y mareas negras de petroleros, traslados de residuos nucleares, etc. No hace necesaria la instalación de líneas de abastecimiento: Canalizaciones a las refinerías o las centrales de gas.

En cuanto a interacción con el medio ambiente, la utilización de la energía eólica para la generación de electricidad presenta nula incidencia sobre las características fisicoquímicas del suelo o su erosionabilidad, es decir, no produce ningún contaminante que incida sobre este medio, ni tampoco vertidos o grandes movimientos de tierras.

Además, la energía eólica no produce tampoco ningún tipo de alteración sobre los acuíferos ni por consumo, ni por contaminación por residuos o vertidos. La generación de electricidad a partir del viento no produce gases tóxicos, ni contribuye al efecto invernadero, ni destruye la capa de ozono, tampoco crea lluvia ácida. No origina productos secundarios peligrosos ni residuos contaminantes.

Cada kW/h de electricidad generada por energía eólica en lugar de carbón, evita:

0,60 Kg. de CO₂, dióxido de carbono

1,33 gr. de SO₂, dióxido de azufre

1,67 gr. de NO_x, óxidos de nitrógeno

La energía eólica es independiente de cualquier política o relación comercial, se obtiene en forma mecánica y por tanto es directamente utilizable. En cuanto a su transformación en electricidad, esta se realiza con un rendimiento excelente y no a través de aparatos termodinámicos con un rendimiento de Carnot siempre pequeño.



7.1.2.2. DESVENTAJAS DE LA ENERGÍA EÓLICA

Al ser el aire un fluido de pequeño peso específico, implica fabricar máquinas grandes; y en consecuencia caras.

Desde el punto de vista estético, la energía eólica produce un impacto visual inevitable, ya que por sus características precisa unos emplazamientos que normalmente resultan ser los que más evidencian la presencia de las máquinas (cerros, colinas, litoral). En este sentido, la implantación de la energía eólica a gran escala, puede producir una alteración clara sobre el paisaje, que deberá ser evaluada en función de la situación previa existente en cada localización.

Un impacto negativo es el ruido producido por el giro del rotor, pero su efecto no es mas acusado que el generado por una instalación de tipo industrial de similar entidad, y siempre que estemos muy próximos a los molinos.

También ha de tenerse especial cuidado a la hora de seleccionar un parque si en las inmediaciones habitan aves, por el riesgo mortandad al impactar con las palas, aunque existen soluciones al respecto como pintar en colores llamativos las palas, situar los molinos adecuadamente dejando “pasillos” a las aves, e, incluso en casos extremos, hacer un seguimiento de las aves por radar llegando a parar las turbinas para evitar las colisiones.



7.1.3. EVOLUCION Y PREVISIONES

A pesar del riesgo que supone separar en fases la historia del desarrollo moderno de la energía eólica, puede ser muy útil para entender algunas de las claves de su evolución.

FASE I

La Fase I, comienza a mediados de los 70, a partir de la primera crisis del petróleo y está motivada por la imperiosa necesidad de buscar alternativas al mismo, que sean, por este orden, renovables, autóctonas y con el menor coste posible. De esta forma se inician diferentes programas en los países en desarrollo, fundamentalmente Estados Unidos, Dinamarca, Alemania y Japón. España arranca durante este periodo sus desarrollos.

El punto álgido de esta fase fue, sin lugar a dudas, la entrada en vigor de la PURPA (Public Utility Regulatory Policies Act), que en cierta medida liberalizó la generación de electricidad, a partir de fuentes renovables y la cogeneración. Esta legislación sentó las bases del principio de prioridad de acceso, pues toda la electricidad generada por renovables debía ser comprada, y fue, por lo tanto, la referencia clave para el futuro Régimen Especial de la legislación española, o del tratamiento específico para las renovables de la regulación EEG de Alemania.

La aplicación de la PURPA junto con los incentivos fiscales, posibilitó el crecimiento de los parques eólicos en los desiertos de California, donde se puso en evidencia la hegemonía de la “simple” tecnología danesa, que al tener como punto de partida la industria agrícola optó por soluciones sencillas y robustas, frente a la americana, ligada a la industria aeronáutica, o a la japonesa, que tenía su raíz en los bienes de equipo. Este impresionante mercado, para la época, permitió acelerar multitud de desarrollos tecnológicos y conocer las ventajas, así como algunas limitaciones de esta forma de generación eléctrica innovadora.

Esta fase de inicio se termina a mediados de los años ochenta por varios efectos combinados: problemas técnicos en muchos aerogeneradores instalados en California, bajada del precio del petróleo y la llegada del partido republicano al poder y la consecuente finalización de los incentivos fiscales.

FASE II

La Fase II se caracteriza por un retraimiento de los mercados y una concentración en nuevos desarrollos tecnológicos, que en muchos casos cuentan con importantes apoyos públicos. En este contexto, algunos fabricantes daneses siguen reforzando su posición, pero también empiezan a consolidarse algunas empresas, que en la fase anterior se encontraban en un estado incipiente de desarrollo, fundamentalmente, en Alemania, en España y, en menor medida, en Holanda e Italia.

Aunque existen multitud de configuraciones, la opción del rotor tripala, paso fijo, generador de inducción se consolida como la más realista, tanto desde el punto de vista de costes como de fiabilidad. La potencia unitaria empieza a superar los 100 kW, límite comercial de la fase anterior. Se realizan algunos parques demostrativos con los nuevos prototipos y se ponen a punto algunos aerogeneradores en el rango del MW, como es el



caso del proyecto AWEC, realizado en Cabo Vilano en Galicia. Esta Fase II tiene una duración de aproximadamente 7 años.

FASE III

La Fase III, o de crecimiento, tuvo su origen en el resurgimiento del mercado, esta vez en Europa, empezando por Dinamarca y, posteriormente, Alemania. En el primer caso, además de un aclara conciencia ecologista del gobierno correspondiente, prima el interés de apoyar a un amplio tejido industrial, sobre todo teniendo en cuenta el tamaño del país.

En ambos países el modelo de desarrollo es muy parecido: pequeños propietarios, instalaciones dispersas embebidas en distribución, tramitación administrativa relativamente sencilla... Los centros tecnológicos tradicionales y las universidades, tienen un importante peso en los diferentes desarrollos y se crean nuevos centros que siguen la evolución del mercado, tanto desde el punto de vista tecnológico como de formación. España se incorpora a este grupo en el año94.

Las instalaciones consistían en varias máquinas que necesitaban importantes recursos económicos, instaurándose de forma progresiva la financiación por proyecto y la participación de grandes corporaciones, entre otras de las compañías eléctricas, inicialmente reticentes a esta forma de generación, pero que fueron adquiriendo un peso cada vez más importante.

Desde el punto de vista general, el mercado comienza a globalizarse, con la aparición de nuevos mercados, fundamentalmente en Europa.

En el aspecto tecnológico, se consolida la tipología de máquina de tres palas, pero se abandonan progresivamente dos elementos clásicos dela generación eólica: la regulación aerodinámica del paso fijo pasa a ser variable y los generadores en lugar de ser asíncronos de jaula de ardilla, se convierten progresivamente en doblemente alimentados con conversión parcial de potencia. En ambos casos, la razón fundamental es dotarlos de un mayor grado de flexibilidad de operación ante las cambiantes condiciones del viento. El tamaño de las máquinas se incrementa de forma acelerada y pasa de los 300 kW al principio de estafase a unos 1.500 kW, dada la necesidad de incrementarla producción en vientos cada vez más bajos y, sobre todo, por presentar una imagen diferenciada en unos equipos con gran similitud tecnológica.

Desde el punto de vista empresarial se produce una concentración de fabricantes, por las dificultades técnicas de algunos de ellos y, especialmente, por la necesidad de incrementar el tamaño y la capacidad financiera ante un mercado en fase de consolidación y profesionalización. Por el lado de los promotores, se observa un creciente peso de las compañías eléctricas en la propiedad y operación de los parques eólicos.

FASE IV

La IV Fase comienza a primeros de los años noventa y se caracteriza por el fuerte crecimiento de la demanda, que otorga una preponderancia a los suministradores de equipos, aerogeneradores y componentes, frente a los promotores de los parques eólicos.

En cualquier caso, esta fase empieza con los parques marinos, construidos inicialmente en Dinamarca como búsqueda de alternativas a la saturada ocupación del territorio. Este



tipo de parques representa una clara referencia para desarrollos futuros, una vez se hayan resuelto los problemas de mantenimiento, subestimados en principio según han reconocido los propios promotores.

Otro elemento característico de esta fase es la progresiva profesionalización del sector, sobretodo, en los aspectos relativos a la conexión a la red y a la participación en la operación del sistema eléctrico. Temas como estabilidad de red, control de tensión o predicción, que parecían poco menos que fantasías en las fases anteriores, se van consolidando dentro del sector para convertirse progresivamente en lugares comunes, al menos, desde el punto de vista conceptual.

Desde el punto de vista de los fabricantes, la tendencia de la concentración se revierte y empiezan a aparecer nuevos fabricantes y tecnologías, que responden al crecimiento de la demanda y a los mayores requisitos de red. La particularidad es que los nuevos modelos saltan sobre varias etapas de la curva de aprendizaje para ubicar los nuevos prototipos en rangos de potencia de varios MW.

En cualquier caso, el desaforado crecimiento de la fase anterior se ralentiza y los tamaños comerciales de máquinas se sitúan en el entorno de los 2.000 kW, aunque se instalan algunos prototipos multimegawatio tanto en tierra como en el mar, que incorporan soluciones innovadoras como las palas partidas para facilitar el transporte y el montaje.

Los parques eólicos siguen manteniendo una elevada disponibilidad, pero se vislumbra la importancia de mantener unas adecuadas actuaciones de operación y mantenimiento, así como de disponer de piezas de repuesto.

Por el contrario, las empresas siguen manteniendo una cierta tendencia a la concentración y, sobre todo, a la globalización con una importante presencia de las empresas españolas en prácticamente todos los mercados mundiales.

Por lo que respecta a los mercados, Europa va perdiendo un peso progresivo ante la consolidación de terceros mercados como China e India, así como Estados Unidos y Canadá. En cualquier caso, en todos los países hay un claro interés por desarrollar la energía eólica que empieza a tener unos costes de generación casi competitivos con vientos altos y se consolida como alternativa de producción eléctrica, junto con los ciclos combinados.

FASE V

El crecimiento del mercado se da por descontado y su evolución futura dependerá, de forma simplificada, de tres factores: el grado de disponibilidad de parques y máquinas, la integración en la red eléctrica y los nuevos fabricantes en un mercado globalizado. No se tiene en cuenta la evolución de los precios de los combustibles por ser un factor exógeno al propio sector y difícilmente previsible.

El primer punto deriva de los riesgos asumidos al colocar aerogeneradores en el mercado que todavía no habían alcanzado un elevado nivel de madurez tecnológica, lo que podría incidir en fallos imprevistos, haciendo necesario reforzar todo lo que es el mantenimiento predictivo y preventivo.



El segundo punto deriva de los crecientes códigos de red y lo que supone en requisitos para los aerogeneradores y parques, tanto desde el punto de vista técnico como mecánico. El impacto tampoco puede ser mínimo, sobre todo, si algunas de estas exigencias se aplican también a los parques ya instalados en las etapas anteriores.

El tercer punto tiene importancia porque puede incidir en los costes de las turbinas, con las consiguientes consecuencias en la competitividad de esta forma de generación, frente al previsible encarecimiento de las fuentes convencionales, y la fabricación de equipos en los países más avanzados, sobre todo, los pioneros.

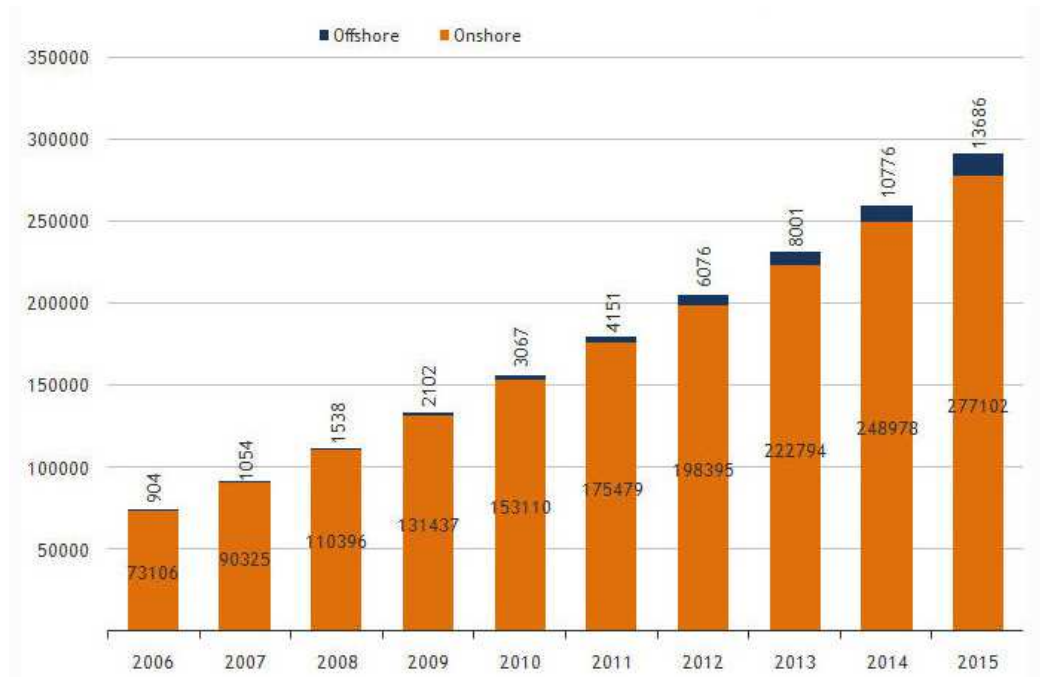
Desde la óptica de los mercados es previsible una saturación de los mismos que arrancaron en la Fase III, abriéndose la puerta a la repotenciación. Por otro lado, surgirán nuevos mercados o se consolidarán aquellos que presenten un elevado potencial, por tamaño y demanda eléctrica.

La mayor incertidumbre se produce en lo relativo al tamaño de las máquinas, que podrían evolucionar a varios MW si finalmente se demuestra la viabilidad de las mismas, y en la posible evolución de los parques marinos.

En cualquier caso, la gran incertidumbre de esta nueva fase va a ser el impacto que los fabricantes asiáticos, de momento, chinos e indios, vana tener en el mercado en dos aspectos clave: el coste de la máquina y la producción local de las mismas. Una de las ventajas de la tecnología eólica es su sencillez conceptual, que induce a minimizarlos problemas potenciales en equipos que tienen que funcionar muchos años a la intemperie, lo que ha producido la proliferación de modelos y fabricantes. En cualquier caso, los riesgos de deslocalización son claros y frente a este problema, los retos son: la internacionalización de las empresas españolas, la apuesta decidida por la investigación, y el desarrollo tecnológico.



En el siguiente gráfico se muestra la evolución y las previsiones de la potencia eólica instalada en el mundo en MW.





7.1.4. LOS AEROGENERADORES Y EL MEDIO AMBIENTE

Existe un amplio consenso social sobre la compatibilidad entre las instalaciones eólicas y el respeto al medioambiente, si bien también existen ciertos impactos derivados del aprovechamiento de la energía eólica que no deben obviarse en un esfuerzo por reducir el impacto medioambiental de la generación de energía eléctrica.

Los parques eólicos están localizados de modo preferente en áreas de montaña, en posiciones próximas a las líneas de cumbre, en donde se suele manifestar un alto potencial del recurso. En estas áreas el grado de conservación natural suele ser bueno y, a veces, con alto valor paisajístico, por lo que la ocupación del terreno por las instalaciones del parque eólico es un factor de impacto por su posible afección a los recursos naturales, paisajísticos o culturales de la zona. Generalmente, su incidencia es de escasa importancia, puesto que la ocupación irreversible de suelo por los aerogeneradores representa un porcentaje muy bajo en relación con la superficie total ocupada por el parque, quedando prácticamente todo el terreno disponible para los tipos de usos que habitualmente se daban en el área del emplazamiento. Las acciones del proyecto que generan mayor número de impactos son las referidas a obra civil: viales, zanjas, edificio de control y subestación. Todas estas acciones causan una alteración del suelo y cubierta vegetal y en ocasiones, pequeñas modificaciones geomorfológicas provocadas por desmontes o aplanamientos. No obstante, en la mayoría de los casos, el acceso principal lo constituyen carreteras ya existentes, mientras que los accesos interiores a las líneas de aerogeneradores se construyen, en la medida de lo posible, aprovechando el trazado de las pistas forestales y de accesos de uso.

En todo caso el impacto visual es algo consustancial a esta forma de producir energía. Puede minimizarse en lo posible, por ejemplo pintando las torres de gris, pero nunca evitarse totalmente. En áreas llanas suele ser una buena estrategia disponer las turbinas según una distribución geométrica simple, fácilmente perceptible por el espectador. Sin embargo, existen límites a la utilización de patrones simples: en paisajes con fuertes pendientes, rara vez es viable la utilización de un patrón simple, y suele ser mejor hacer que las turbinas sigan los contornos del altitud del paisaje, o los cercados u otras características del mismo.

Otro efecto achacado a este tipo de instalaciones es la contaminación acústica. Aunque el sonido no es un problema capital para la industria, dada la distancia a la que se encuentran los vecinos más cercanos (normalmente se observa una distancia mínima de unos 7 diámetros de rotor o 300 metros), no por ello es éste un detalle que se descuide totalmente a la hora de diseñar nuevos equipos. Además, ningún paisaje está nunca en silencio absoluto. Por ejemplo, las aves y las actividades humanas emiten sonidos y, a velocidades del viento alrededor de 4-7 m/s y superiores, el ruido del viento en las hojas, arbustos, árboles, mástiles, etc. enmascarará gradualmente cualquier potencial sonido de los aerogeneradores. Esto hace que la medición del sonido de los aerogeneradores de forma precisa sea muy difícil. Generalmente, a velocidades de 8 m/s y superiores llega a ser una cuestión bastante difusa el discutir las emisiones de sonido de los modernos aerogeneradores, dado que el ruido de fondo enmascarará completamente cualquier ruido de la turbina. Al menos este es el punto de vista defendido por los fabricantes de equipos eólicos, que en diseños modernos declaran niveles de ruido de 48 dB a 200 metros del aerogenerador.

Por último se hace necesario reseñar, aunque sea muy sucintamente, un debate abierto entre la industria explotadora de parque eólicos y los diferentes grupos de defensa de la



naturaleza, quienes paradójicamente deberían ser los mayores defensores de esta fuente no contaminante de energía. Tal debate es la mortandad de aves causadas por colisiones con las aspas de los equipos. Si bien este fenómeno está muy vinculado a las distintas especies (agudeza visual, velocidad y altura de vuelo...). Las posturas son enfrentadas y las posiciones dispares, aunque se han ensayado soluciones diversas como ya se ha indicado en el apartado de desventajas de la energía eólica, por ejemplo, pintar las palas de los rotores en colores llamativos, distribuir los molinos contemplando pasillos aéreos para las aves, etc. En cualquier caso, los datos disponibles indican que, aun en zonas de paso de grandes bandadas de aves migratorias, como es el caso de Tarifa, los impactos observados son pequeños.

De todos modos, la instalación de parques eólicos está precedida por un Estudio de Impacto Ambiental que ha de ser aprobado por la autoridad correspondiente con el objetivo de obligar a los promotores de la instalación a adoptar las medidas pertinentes para minorar los posibles impactos negativos que pudieran producirse sobre el medio ambiente local. La realización de este tipo de estudios se justifica más por la sensibilidad social en las áreas geográficas donde se ubican que por las características de este tipo de instalaciones, cuyos efectos ambientales negativos suelen ser muy inferiores a los producidos por cualquier otra actividad de producción energética. La aprobación medioambiental mencionada suele estar acompañada tanto de medidas correctoras para el diseño global de la instalación como para el posicionamiento de aerogeneradores, restauración de la cubierta vegetal, formas de torres, pinturas o enterramiento de líneas eléctricas, así como de un plan de vigilancia cuya función básica es garantizar la afectación mínima del parque al entorno en el que está situado.



7.2. ANEXO II: AEROGENERADORES

7.2.1. CONCEPTO DE AEROGENERADOR

Un aerogenerador es un generador eléctrico movido por una turbina eólica, accionada por el viento. Sus precedentes directos son los molinos de viento que se empleaban para la molienda y obtención de harina. En este caso, la energía eólica, en realidad la energía cinética del aire en movimiento, proporciona energía mecánica a un rotor hélice que, a través de un sistema de transmisión mecánico, hace girar el rotor de un generador, normalmente un alternador trifásico, que convierte la energía mecánica rotacional en energía eléctrica.

7.2.2. CLASIFICACION DE AEROGENERADORES

En la actualidad existe una enorme variedad de modelos de aerogeneradores, diferentes entre sí tanto por la potencia proporcionada, como por el número de palas o incluso por la manera de producir energía eléctrica (aisladamente o en conexión directa con la red de distribución convencional). Pueden clasificarse, atendiendo a distintos criterios:

1) POR LA POSICIÓN DEL AEROGENERADOR

Eje Vertical:

Su característica principal es que el eje de rotación se encuentra en posición perpendicular al suelo. Son también llamados "VAWTs", que corresponde a las siglas de la denominación inglesa "vertical axis wind turbines".

Eje horizontal:

Son los más habituales y en ellos se ha centrado el mayor esfuerzo de diseño en los últimos años. Se los denomina también "HAWTs", que corresponde a las siglas de la denominación inglesa "horizontal axis wind turbines".

2) POR LA POSICIÓN DEL EQUIPO CON RESPECTO AL VIENTO

A barlovento:

Las máquinas corriente arriba tienen el rotor de cara al viento. La principal ventaja de los diseños corriente arriba es que se evita el abrigo del viento tras la torre. Por otro lado, también hay algo de abrigo enfrente de la torre, es decir, el viento empieza a desviarse de la torre antes de alcanzarla, incluso si la torre es redonda y lisa. Así pues, cada vez que el rotor pasa por la torre, la potencia del aerogenerador cae ligeramente. Con mucho, la mayoría de los aerogeneradores tienen este diseño.



El principal inconveniente de los diseños corriente arriba es que el rotor necesita ser bastante inflexible y estar situado a una cierta distancia de la torre. Además, una máquina corriente arriba necesita un mecanismo de orientación para mantener el rotor de cara al viento.

A sotavento:

Las máquinas corriente abajo tienen el rotor situado en la cara a sotavento de la torre. La ventaja teórica que tienen es que pueden ser contruidos sin un mecanismo de orientación, si el rotor y la góndola tienen un diseño apropiado que hace que la góndola siga al viento pasivamente.

Sin embargo, en grandes máquinas ésta es una ventaja algo dudosa, pues se necesitan cables para conducir la corriente fuera del generador. Si la máquina ha estado orientándose de forma pasiva en la misma dirección durante un largo periodo de tiempo y no dispone de un mecanismo de orientación, los cables pueden llegar a sufrir una torsión excesiva.

Un aspecto más importante es que el rotor puede hacerse más flexible. Esto supone una ventaja tanto en cuestión de peso como de dinámica de potencia de la máquina, es decir, las palas se curvarán a altas velocidades del viento, con lo que quitarán parte de la carga a la torre.

El inconveniente principal es la fluctuación de la potencia eólica, debida al paso del rotor a través del abrigo de la torre. Esto puede crear más cargas de fatiga en la turbina que con un diseño corriente arriba.

3) POR EL NÚMERO DE PALAS

Una pala:

Al tener sólo una pala, estos aerogeneradores precisan un contrapeso en el otro extremo para equilibrar. La velocidad de giro es muy elevada. Su gran inconveniente es que introducen en el eje unos esfuerzos muy variables, lo que acorta la vida de la instalación.

Dos palas:

Los diseños bipala de aerogeneradores tienen la ventaja de ahorrar el coste de una pala respecto al diseño tripala y, por supuesto, su peso. Sin embargo, suelen tener dificultades para penetrar en el mercado, en parte porque necesitan una mayor velocidad de giro para producir la misma energía de salida. Esto supone una desventaja tanto en lo que respecta al ruido como al aspecto visual.

Tres palas:

La mayoría de los aerogeneradores modernos tienen este diseño, con el rotor mantenido en la posición corriente arriba, usando motores eléctricos en sus mecanismos de



orientación. Este diseño tiende a imponerse como estándar al resto de los conceptos evaluados. La gran mayoría de las turbinas vendidas en los mercados mundiales poseen este diseño.

Multipalas:

Con un número superior de palas o multipalas. Se trata del llamado modelo americano, debido a que una de sus primeras aplicaciones fue la extracción de agua en pozos de las grandes llanuras de aquel continente.

4) POR LA MANERA DE ADECUAR LA ORIENTACIÓN DEL EQUIPO A LA DIRECCIÓN DEL VIENTO EN CADA MOMENTO:

El mecanismo de orientación de un aerogenerador es utilizado para girar el rotor de la turbina en contra del viento. Se dice que la turbina tiene un error de orientación si el rotor no está perpendicular al viento.

Un error de orientación implica que una menor proporción de la energía del viento pasará a través del área del rotor (esta proporción disminuirá con el coseno del error de orientación). Por tanto, la eficiencia del mecanismo de orientación es fundamental para mantener el rendimiento de la instalación.



7.2.3. AEROGENERADORES TRIPALA

Como se indica en el apartado anterior los aerogeneradores de tipo tripala son los más utilizados actualmente para la producción de energía eólica. Por este motivo se describe más detalladamente los componentes de este tipo de máquinas.

En la siguiente figura se muestra un esquema de los diferentes componentes de un aerogenerador tripala estándar.

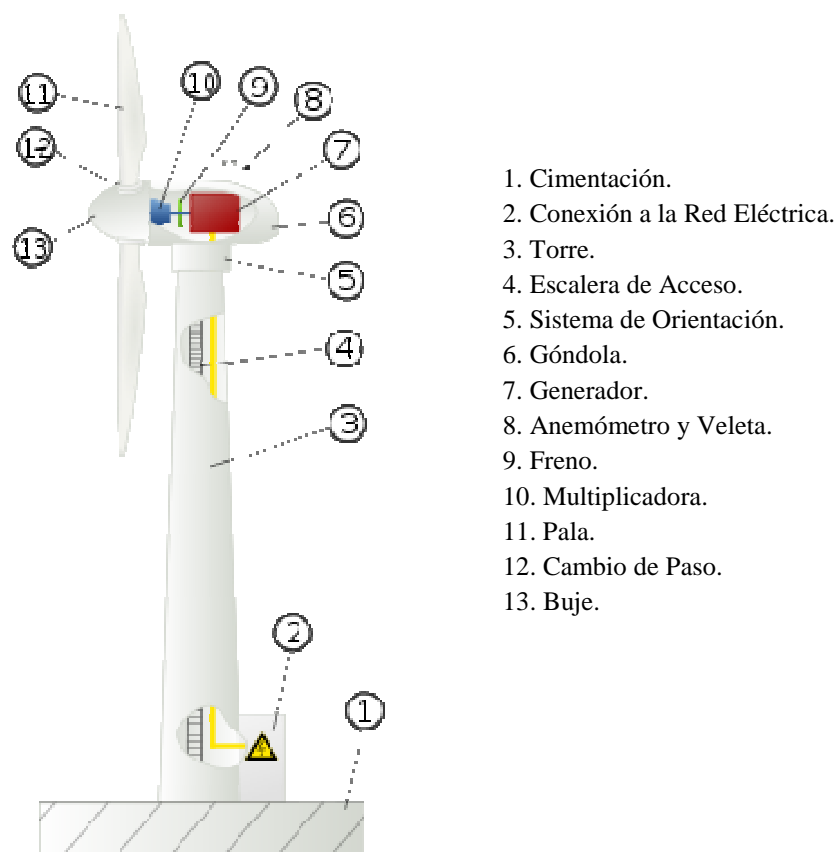


Figura 1: Componentes de un aerogenerador tripala.

1.- La Cimentación:

La cimentación del aerogenerador asegura la estabilidad del mismo para todas las condiciones de diseño, y está diseñada para una amplia variedad de terrenos. Consta del anclaje y de la zapata. El anclaje se diseña como continuación de la torre, a la que se atornilla por medio de una brida interior, de manera que transmite los esfuerzos a la zapata. La zapata, construida en hormigón en masa, es de planta cuadrada, y está reforzada por una armadura de acero.



3.- La Torre:

Soporta la góndola y el rotor. Generalmente es una ventaja disponer de una torre alta, dado que la velocidad del viento aumenta conforme nos alejamos del nivel del suelo.

Las torres pueden ser bien torres tubulares o torres de celosía. Las torres tubulares son más seguras para el personal de mantenimiento de las turbinas ya que pueden usar una escalera interior para acceder a la parte superior de la turbina. La principal ventaja de las torres de celosía es que son más baratas.

5.- El Sistema de Orientación:

El aerogenerador tiene un sistema activo de orientación, que hace girar la góndola de forma que el rotor permanezca orientado hacia el viento. El sistema actúa sobre un rodamiento de bolas que une la torre al chasis. La parte exterior del rodamiento, que se une a la torre a través de tornillos, tiene un dentado sobre el que actúan los moto-reductores de orientación. En la parte interna de la torre existe un disco de freno, sobre el que se montan las pinzas de freno que fijan la góndola en contra del viento.

A través de los sensores de viento localizados en el exterior de la góndola el control es informado si la góndola está orientada o no con el viento incidente. Si no lo está, se liberan parcialmente (reduciendo la presión de su circuito hidráulico) las 4 pinzas de freno en orientación de la máquina, de forma que cuando los 2 moto-reductores eléctricos aplican su par de giro sobre el rodamiento corona, la máquina mantiene un par pasivo que hace más suave y más seguro el movimiento de la máquina.

6.- La Góndola:

Contiene los componentes clave del aerogenerador, incluyendo la multiplicadora y el generador eléctrico. El personal de servicio puede entrar en la góndola desde la torre de la turbina. Protege todos los componentes del mismo de las inclemencias del tiempo, a la vez que aísla acústicamente el exterior del ruido generado por la máquina.

La capota de la góndola, fabricada en material compuesto, está unida al chasis, sobre el que se montan todos los componentes. Está construida en un 30% de fibra de vidrio y en un 70% de poliéster. Dispone de tomas de aire para la refrigeración, trampilla, pararrayos, anemómetro y veleta.

La cara externa está protegida con gelcoat (material que se utiliza para dar terminado de alta calidad a la superficie de un material compuesto de fibra reforzada) de alta calidad, no permitiéndose que en su acabado aparezcan deformaciones o marcas de fibra. Este acabado proporciona una resistencia suficiente al medio marino y a la erosión derivada de vientos fuertes y partículas en suspensión.



El chasis es partido, con una parte frontal en la que se soportan y transmiten las cargas del rotor y tren de potencia, y una parte posterior en voladizo sobre la que descansan el generador y los armarios de potencia y equipos auxiliares.

7.- El Generador:

Suele ser un generador asíncrono. El generador tiene un doble devanado estatórico de, por ejemplo, 4 y 6 polos, lo que permite elegir, en función de la velocidad del viento, cual de los dos se conecta a la red, optimizando así el rendimiento de la transformación energética y características aerodinámicas, a la vez que se reduce el nivel de ruido a bajas velocidades de viento.

También pueden ser síncronos. Es de velocidad de sincronismo 1500 rpm. El sistema de control permite al generador producir energía desde unas 750 rpm hasta la velocidad de sincronismo. Este sistema de velocidad variable permite optimizar la captación de energía para velocidades de viento inferiores a la velocidad nominal. En este sistema, el acoplamiento entre el generador síncrono y la red eléctrica de frecuencia fija, se establece a través de un convertidor de frecuencia, situado directamente entre el estator de la máquina y la red.

8.- El Anemómetro y la Velela:

Las señales electrónicas del anemómetro son utilizadas por el controlador electrónico del aerogenerador para conectarlo cuando el viento alcanza aproximadamente 5 m/s. El ordenador parará el aerogenerador automáticamente si la velocidad del viento excede de 25 m/s, con el fin de proteger a la turbina y sus alrededores.

Las señales de la velela son utilizadas por el controlador electrónico para girar el aerogenerador en contra del viento, utilizando el mecanismo de orientación.

9.- El Freno:

El acoplamiento entre multiplicador y generador es elástico, con capacidad de absorber desalineaciones en operación en continuo. El freno mecánico se monta sobre el eje rápido de la multiplicadora, y consiste en un disco sobre el que actúa una pinza hidráulica segura ante el fallo.

El freno mecánico se utiliza en caso de fallo del freno aerodinámico, o durante las labores de mantenimiento de la turbina.



10.- La Multiplicadora:

El tren de potencia está constituido por el eje lento, el soporte principal de dicho eje, la multiplicadora de velocidades y el acoplamiento. Su misión es transmitir la potencia mecánica al generador eléctrico en las condiciones adecuadas para la generación de electricidad.

El multiplicador tiene en la entrada el eje de baja velocidad. Permite que el eje de alta velocidad que está a la salida gire más de 50 veces más rápido que el eje de baja velocidad. Se debe tener presente que este multiplicador está equipado con un sistema de lubricación, que puede ser por bomba independiente o por barbotaje. La bomba, acoplada a un motor eléctrico se activa antes de liberar el rotor, con lo que la máquina recibe una cantidad suficiente de aceite ya antes de iniciar el giro, caudal que en todo momento es constante e independiente del régimen de revoluciones del multiplicador. En este caso la cantidad de aceite en el cárter es sensiblemente inferior que en la lubricación por barbotaje, si bien, en la práctica se opta por una combinación racional de los dos sistemas, a objeto de minimizar las necesidades de energía requeridas para los equipos de bombeo y abaratar los costes.

El multiplicador tiene una relación de velocidades mayor a 1:50 que consigue mediante una primera etapa planetaria y dos etapas más de ejes paralelos helicoidales. El sentido de giro en eje lento y eje rápido es el mismo.

11.- La Pala:

Su diseño es muy parecido al del ala de un avión. Se mueven con el viento y transmiten su potencia hacia el buje.

En el siguiente apartado se analiza de forma más detallada este componente del aerogenerador.

12.- Sistema de Cambio de Paso:

La principal función del sistema de cambio de paso es el control de potencia. El sistema de control está continuamente comparando la curva de potencia con la producción del aerogenerador, seleccionando el paso de la pala óptimo para cada velocidad de rotación.

El cambio de paso se realiza mediante un actuador hidráulico individual para cada pala o uno para las tres palas, aumentando o disminuyendo la presión. Con este sistema se logra una mayor precisión en la regulación, optimizar la dinámica del sistema y una mayor seguridad frente a fallos.

También se utiliza el cambio de paso para el sistema de frenado. Mediante unas servoválvulas se llevan las palas hasta la posición de bandera.

13.- El Buje:

Cada pala está unida al buje mediante un rodamiento de bolas que permite a ésta girar alrededor de su eje. El rodamiento se une a la pala por su anillo interior y al buje por el exterior. El buje del rotor está acoplado al eje de baja velocidad del aerogenerador.

7.2.4. TEORÍA DEL DISCO ACTUADOR

Consideremos un tubo de corriente, formado por líneas de corriente que circundan al aerogenerador, tal como se indica en la figura.

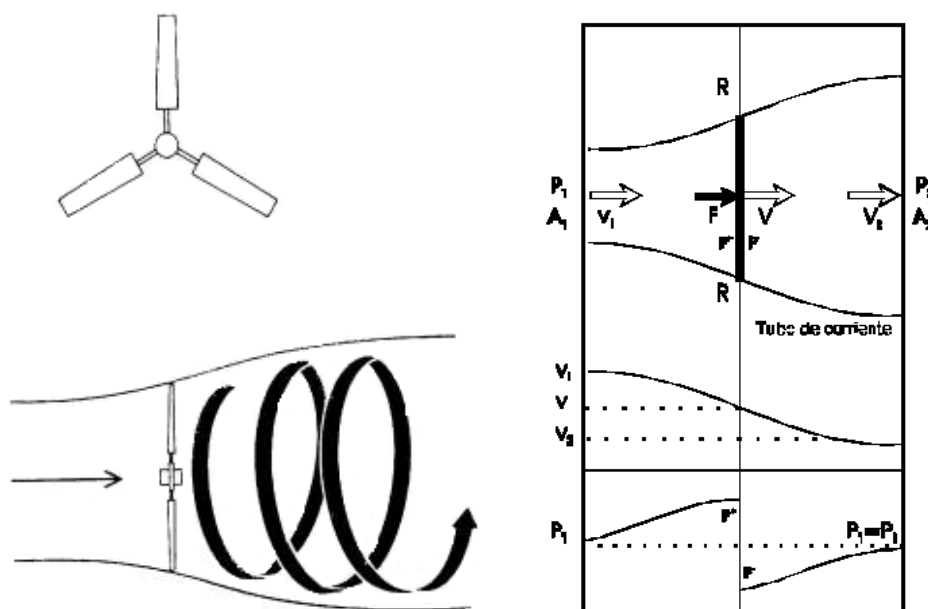


Figura 2: Tubo de corriente que circunda el aerogenerador.

En el análisis aproximado se supondrá que el viento incidente es uniforme y que la configuración de la figura anterior tiene simetría axial. Suficientemente lejos aguas arriba y aguas abajo, en las secciones de entrada y salida 1 y 2, respectivamente, las líneas de corriente serán paralelas al viento incidente y la presión será uniforme e igual a la del ambiente. Por la sección 1 entra el viento incidente que denominaremos V_1 . A medida que el fluido se desplaza aguas abajo va perdiendo velocidad hasta que alcanza la sección de salida 2, donde la velocidad de salida del tubo de corriente se supondrá uniforme y de valor V_2 . La velocidad media que atraviesa el aerogenerador corresponde a la media aritmética de V_1 y V_2 .

Una forma usual de expresar este resultado es a través del coeficiente de velocidad inducida, a , de manera que:



$$V_2 = V_1(1 - 2a)$$

$$V_{turbina} = V_1(1 - a)$$

de manera que se cumple:

$$V_{turbina} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

Es decir, que el aire se frena la mitad antes de pasar por el aerogenerador y la otra mitad después. La potencia mecánica que se extrae del aire, P_m , es el resultado de la energía que éste pierde a su paso por el aerogenerador:

$$P_m = \left(\rho V_{turbina} \frac{\pi D^2}{4} \right) \left(\frac{1}{2} V_1^2 - \frac{1}{2} V_2^2 \right)$$

donde el primer factor representa la masa que atraviesa el aerogenerador por unidad de tiempo, y el segundo la energía cinética que pierde el aire por unidad de masa. En esta ecuación se puede observar que cuanto mayor sea el bloqueo que produce el aerogenerador menor será V_2 y mayor será el segundo factor, pero por otra parte menor será $V_{turbina}$ y menor será el primer factor. Debe haber por tanto un valor óptimo de a que dé máxima potencia. Utilizando las expresiones anteriores la potencia mecánica queda como:

$$P_m = \frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^2}{4} (1 - a)(1 - (1 - 2a)^2)$$

Derivando esta expresión e igualando a cero se obtiene que el máximo de la potencia se obtiene para:

$$a = \frac{1}{3}$$

$$P_m = \frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^2}{4} \frac{16}{27}$$

Este resultado se suele expresar utilizando una forma adimensionalizada de la potencia que se denomina coeficiente de potencia:

$$C_p = \frac{P_m}{\frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^2}{4}}$$

7.2.5. LA PALA DEL AEROGENERADOR

7.2.5.1. INTRODUCCIÓN

Un buen diseño de pala debe optimizar una serie de objetivos, muchos de los cuales están en contraposición. Estos objetivos pueden enumerarse como sigue:

1. Maximizar el rendimiento anual de producción de energía para las condiciones de viento en las que trabaja la pala.
2. Resistir las cargas extremas y de fatiga del viento.
3. Restringir las desviaciones en la punta de la pala debidas a la flexión de la misma para evitar colisiones entre la pala y la torre.
4. Evitar que el aerogenerador entre en resonancia.
5. Minimizar pesos y costes.

El proceso de diseño de la pala puede dividirse en dos etapas: el diseño aerodinámico (para maximizar el objetivo 1) y el diseño estructural. El diseño aerodinámico se dirige hacia la selección de la geometría óptima de la superficie exterior de la pala, definida generalmente por la familia de perfiles NACA y la cuerda del mismo. El diseño estructural trata de seleccionar el mejor material para la pala y la elección de la mejor estructura de refuerzo (viga o vigas interiores) que se colocan dentro del perfil aerodinámico, de tal manera que se optimicen el resto de los objetivos anteriormente mencionados.

7.2.5.2. ESTRUCTURA DE UNA PALA

A continuación se presenta una figura en la que se muestra la forma habitual de una pala de rotor para aerogenerador. En la figura se señalan las partes fundamentales de la misma.

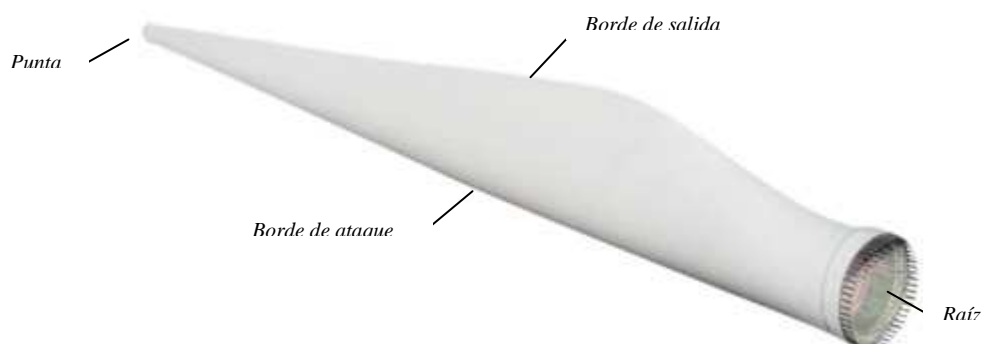


Figura 2: Partes de una pala.



La longitud de las palas de aerogenerador varía según la potencia del mismo. Cuanto mayor sea la potencia, mayor deberá ser la longitud de la pala según la expresión analizada anteriormente,

$$P_m = \frac{1}{2} \rho V_1^3 \frac{\pi D^2}{4} \frac{16}{27}$$

donde se puede observar que la potencia máxima capaz de absorber del viento un aerogenerador es directamente proporcional al cuadrado del diámetro del rotor.

El extremo de la pala que hace la unión con el buje del aerogenerador se denomina raíz. En esta parte se colocan los espárragos roscados que sirven para fijar la pala al buje. Existen diversos métodos para realizar esta fijación. El extremo opuesto se denomina punta. En la punta se suele colocar el orificio de drenaje de agua condensada que suele formarse en el interior de la pala. Además se instala en esta parte el extremo del cable que se coloca en el interior y que sirve de pararrayos.

El canto de la pala que penetra en el aire al girar el rotor se denomina borde de ataque. El extremo contrario es el borde de salida.

La forma de las superficies de la pala viene definida por los característicos perfiles aerodinámicos NACA. La forma del perfil va variando desde la raíz a la punta de la pala para conseguir la forma más eficiente.

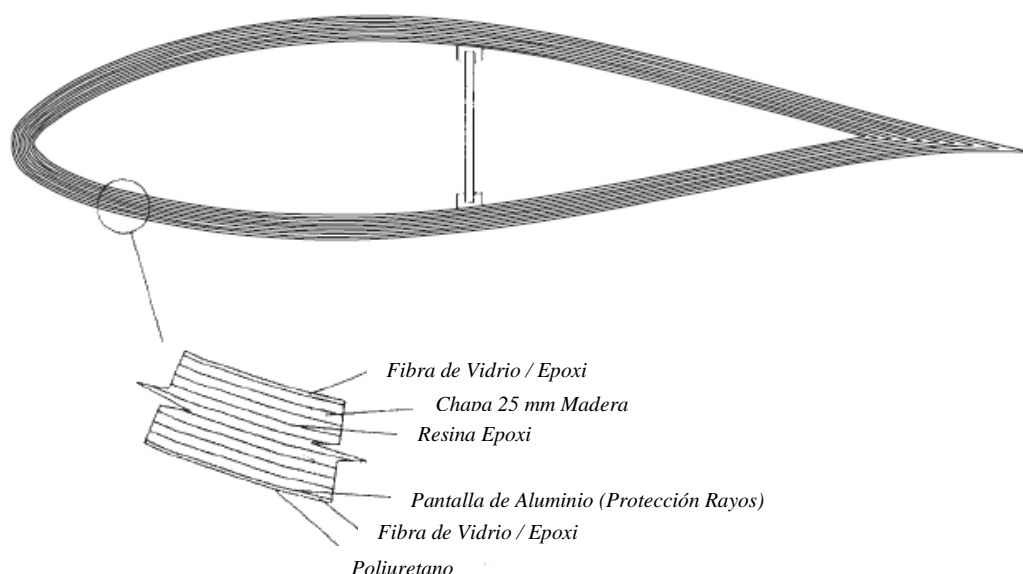


Figura3: Estructura de concha completa de madera / epoxi.



Una cáscara hueca (concha) con la forma del perfil NACA definido mediante el diseño aerodinámico proporciona una estructura simple y eficiente para resistir los esfuerzos de flexión y torsión generados en la pala por la rotación de la misma en torno al eje del aerogenerador. Algunos fabricantes de palas adoptan esta forma constructiva (ver figura 3). Sin embargo, en máquinas de tamaños medios y pequeños, donde los esfuerzos cortantes son dominantes, es más eficiente concentrar el material de la concha en la mitad anterior de la pala, en la zona del borde de ataque (ver figura 4 y figura 5). Las zonas débiles de la concha, hacia el borde de salida del perfil, son rigidizadas mediante la introducción de capas tipo sándwich utilizando un relleno de espuma de PVC.

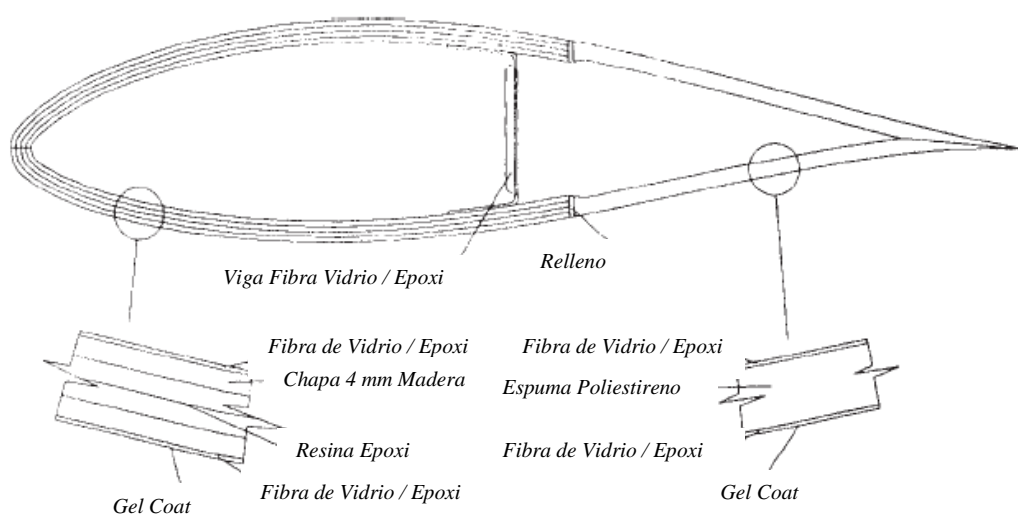


Figura 4: Estructura de concha concentrada en borde de ataque madera / epoxi.

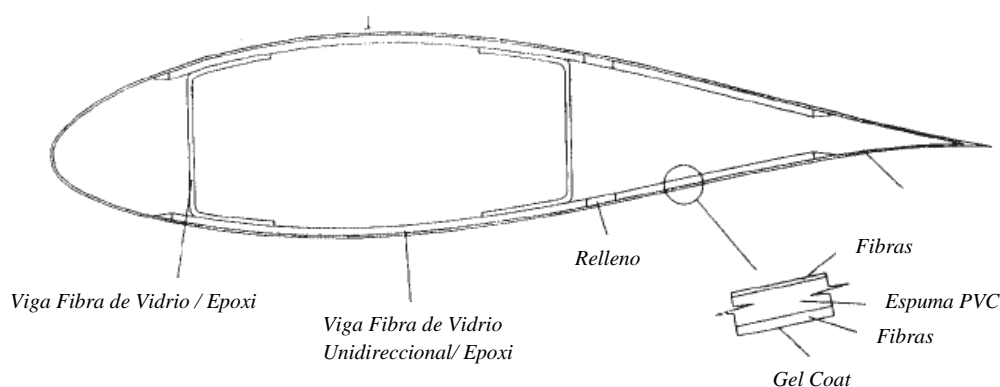


Figura 5: Estructura de concha reforzada con doble viga de fibra de vidrio.

Para soportar cargas cíclicas y transversales al perfil, generadas por la presión del viento al chocar con la pala, esta estructura tipo concha no se muestra muy eficiente por si misma. Es por este motivo que las conchas se refuerzan mediante la inclusión de una o más vigas orientadas en la dirección perpendicular al perfil (sentido longitudinal de la pala). En lugar de vigas también cabe la posibilidad de colocar un perfil cerrado (ver figura 6).

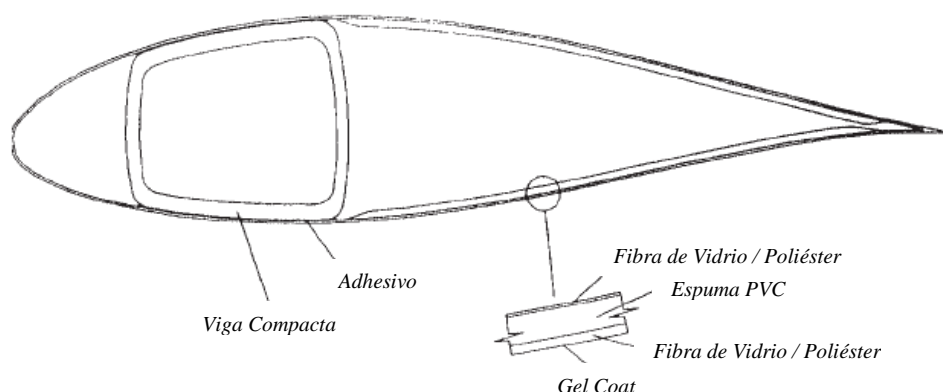


Figura6: Estructura de concha con viga compacta de fibra de vidrio.

Actualmente se están fabricando ciertas palas con la denominada característica “pre-bending”. Consiste en fabricar las palas dobladas, no rectas, de forma que cuando trabajen en regímenes nominales éstas se enderecen y adopten la forma de máximo aprovechamiento del viento. De esta manera se pueden fabricar las palas menos rígidas, de forma que son menos costosas. Las palas sin “pre-bending” deben ser más rígidas para que no se deformen cuando les incide el viento.

7.2.5.3. MATERIALES

El material idóneo para la construcción de las palas es aquel que combine las necesarias propiedades estructurales (alta resistencia en proporción a su peso, rigidez y buen comportamiento anti fatiga) con precios bajos y capacidad para darle la forma que se desee.

Las palas de rotor suelen construirse utilizando una matriz de mallas de fibra de vidrio impregnadas de un material como el poliéster (“GRP = Glassfibrereinforced polyester”). El poliéster es endurecido después de que ha impregnado la fibra de vidrio. El Epoxi puede ser utilizado en lugar de poliéster. De esta forma la matriz base puede estar fabricada, total o parcialmente, de fibra de carbono, que es un material con alta resistencia más ligero, aunque más caro.



Como se ha comentado, utilizar fibra de carbono o aramidas (Kevlar) como material de refuerzo es otra posibilidad, pero normalmente estas palas son antieconómicas para grandes aerogeneradores. Los materiales compuestos (composites) de madera, madera-epoxi, o madera-fibra-epoxi aún no han penetrado en el mercado de las palas de rotor, aunque existe un desarrollo continuado en ese área.

Las aleaciones de acero y de aluminio tienen problemas de peso y de fatiga del metal, respectivamente. Actualmente sólo son utilizados en aerogeneradores muy pequeños.

A continuación se presenta una tabla con propiedades de materiales compuestos utilizados para la fabricación de palas. Como se puede observar las propiedades estructurales del compuesto fibra de vidrio/poliéster y fibra de vidrio/epoxi son similares. Estos son los materiales compuestos más utilizados en la fabricación de grandes palas.

Material (NB: UD denotes unidirectional fibres – i.e., all fibres running longitudinally)	Ultimate tensile strength (UTS) (MPa)	Ultimate compressive strength (UCS) (MPa)	Specific gravity (s.g.)	Compressive strength to weight ratio UCS/s.g.	Mean fatigue strength at 10 ⁷ cycles (amplitude) (MPa)	Mean fatigue strength as percentage of UCS	Young's Modulus, E (GPa)	Stiffness to weight ratio E/s.g. (GPa)	Panel stability parameter $E/(UCS)^2$ (MPa) ⁻¹
	(Mean for composites, minimum for metals)								
1 Glass/polyester <i>ply</i> with 50% fibre volume fraction and UD lay-up	860–900 [1] [2]	~720 [1]	1.85	390	140 [3]	19%	38 [2]	20.5	0.07
2 Glass/epoxy <i>ply</i> with 50% fibre volume fraction and UD lay-up	Properties are generally very close to those for GFRP given above								
3 Glass/polyester <i>laminat</i> e with 50% fibre volume fraction and 80% of fibres running longitudinally	690–720	~580	1.85	310	120	21%	33.5	18	0.1
4 Carbon fibre/epoxy <i>ply</i> with 60% fibre volume fraction and UD lay-up	1830 [4]	1100 [4]	1.58	700	350 [5]	32%	142 [4]	90	0.12
5 Kevlar 490/epoxy <i>laminat</i> e	82 [6]	50 [6]	0.55	90	15 [7]	30%	10 [8]	18	4
6 Birch/epoxy <i>laminat</i> e	117 [9]	81 [10]	0.67	121	16.5 [7]	20%	15 [10]	22.5	2.3
7 High Yield Steel (Grade Fe 510)	510	510	7.85	65	50 [11]	10%	210	27	0.81
8 Weldable aluminium alloy AA6082 (formerly H30)	295 [12]	295 [12]	2.71	109	17 [13]	6%	69 [12]	25.5	0.79

Sources:

[1] Mayer (1996) Figure 2.4.

[2] Barbero (1998) Table 1.1.

[3] Mayer (1996) Fig. 14.4.

[4] Carbon fibres exhibit a wide range of properties; figures given here are for one example only, taken from [2].

[5] Based on S-N curve index of $m = 14$, taken from GL rules.

[6] Bonfield and Ansell (1991) Moisture content = 10%.

[7] Based on S-N curve index of $m = 13.4$ for scarf-jointed wood laminates, taken from Hancock and Bond (1995).

[8] Bonfield *et al.* (1992).

[9] Mayer (1996) Table 7.3.

[10] Hancock (Personal Communication). Moisture content = 10%.

[11] Mean value for butt-welded joints with weld profile ground smooth (Class C), taken from BS 5400, Part 10 (1980).

[12] CP 118: 1969 'Code of practice for structural aluminium'.

[13] Mean value estimated from mean minus two standard deviations value for ground butt welded joint with shallow thickness transition, Detail Cat 221, in IIW 'Fatigue design of welded joints and components'.

Figura 7: Propiedades estructurales de materiales para palas de aerogenerador.



7.2.5.4. MÉTODOS DE UNIÓN

La zona de unión al buje del aerogenerador es una de las zonas más críticas del diseño de una pala. Esto es debido a la diferencia de orden de magnitud entre la rigidez relativa del eje de acero y el material de la pala, que puede generar problemas en la transmisión de la carga. La unión es usualmente hecha mediante tornillos de acero, bien embebidos en la propia pala, en dirección longitudinal, o bien fijadas mediante pasadores colocados en dirección radial. De cualquiera de las formas son inevitables las concentraciones de tensiones en la unión.

La siguiente figura muestra cuatro secciones de diferentes tipos de unión. Normalmente la estructura de la pala es un cilindro hueco en la zona de unión, de forma que los espárragos de unión se distribuyen a lo largo de la circunferencia del cilindro.

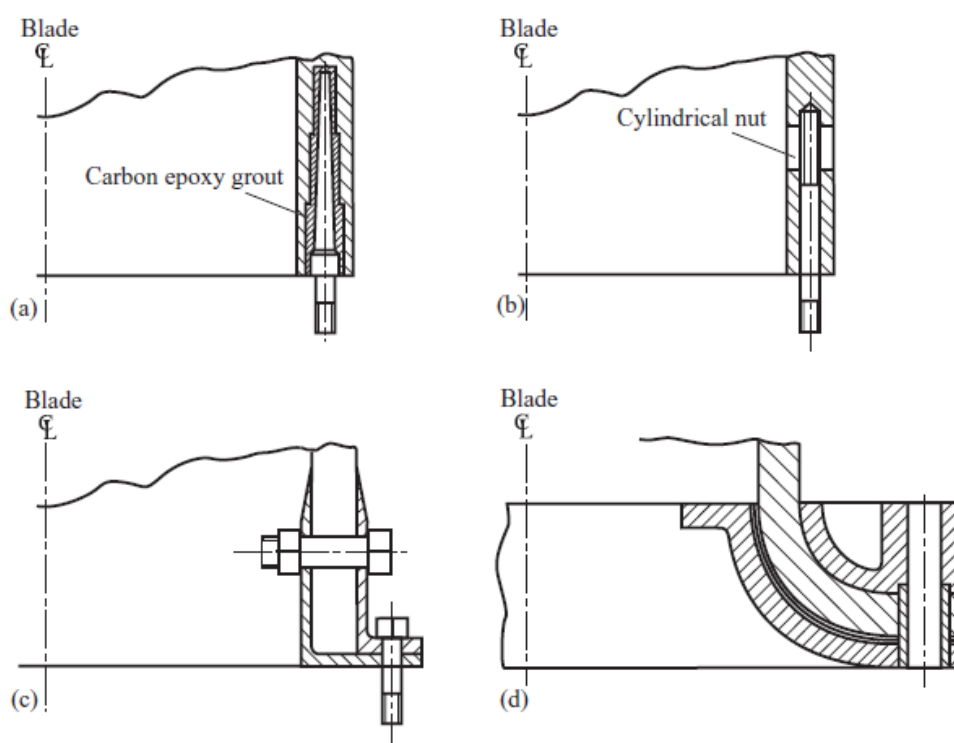


Figura 8: Métodos de unión.

En la figura (a) se muestra la unión estándar para palas laminadas con madera y resina. La conexión se realiza mediante un eje que se introduce en un agujero taladrado en la raíz de la pala. El agujero está relleno de adhesivo epoxi y el eje tiene forma cónica para facilitar su introducción. La parte del eje que queda a la vista está roscada para poder realizar la unión con el buje. Para palas fabricadas con fibra de vidrio/poliéster o fibra de vidrio/epoxi la parte del espárrago embebida en la pala tiene forma cilíndrica en lugar de cónica. Los espárragos suelen estar precargados para reducir las cargas de fatiga.

En las otras tres figuras se muestran otros tres métodos utilizados para realizar la unión en palas de fibra de vidrio/poliéster y fibra de vidrio/epoxi. En la figura (b) se puede ver la



denominada unión T-bolt. Consiste en un esparrago de acero insertado en un agujero longitudinal de la piel de la pala, que se enrosca a una tuerca cilíndrica que se sujeta en un orificio transversal. El espárrago está precargado para reducir las cargas por fatiga.

Los métodos de unión (c) y (d) raramente se utilizan para palas de tamaño grande debido a que deben soportar mayores cargas debido a que la unión está descentrada



7.3. ANEXO III: TÉCNICAS DE MOLDEO POR VÍA LÍQUIDA

7.3.1. INTRODUCCIÓN A LAS TÉCNICAS

Las técnicas de moldeo de materiales compuestos por vía líquida se fundamentan en que la resina y las fibras de refuerzo entran en contacto entre si en el interior de un molde cerrado, se colocan las fibras secas, y una vez cerrado el molde, por medio de diferentes mecanismos, se introduce resina catalizada en su interior. La presión de compactación se consigue mediante la utilización de contramoldes rígidos o la utilización de la técnica auxiliar de vacío.

Dentro de este grupo de técnicas podemos distinguir las técnicas de transferencia de resina (RTM) y la técnica de infusión.

7.3.2. RTM

Las siglas RTM significan moldeo por transferencia de resina (*Resin Transfer Molding*).

El proceso RTM es considerado como un proceso de molde cerrado de baja presión. En dicho proceso, se colocan los refuerzos de fibra secos en el interior de un molde, y una vez cerrado y bajo presión, se inyecta o transfiere resina catalizada al interior del mismo. Para reducir el tiempo de curado de las piezas se puede someter al conjunto a una elevación programada de la temperatura.

La evacuación del aire interior se realiza mediante drenajes colocados estratégicamente o mediante la ayuda auxiliar de la técnica de vacío.

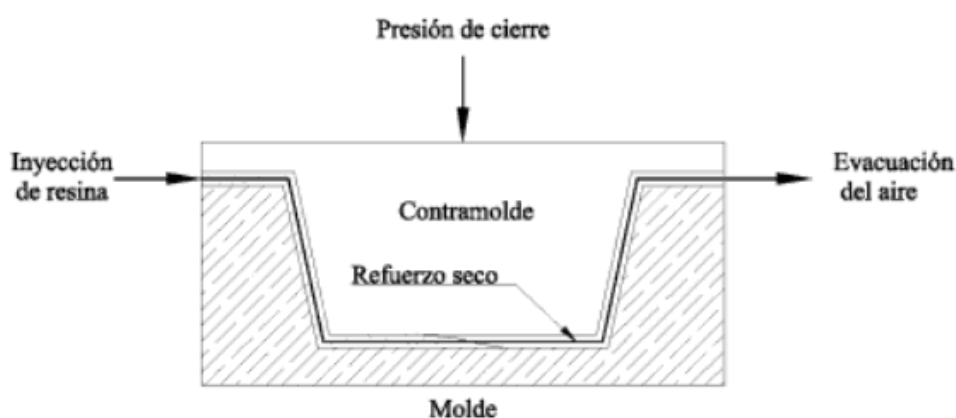


Figura 1: Concepto RTM.

La inyección de resina se realiza mediante un sistema de bombeo; el equipo está compuesto por un sistema de dosificación, mezcladores, depósitos y controladores que aseguren en todo momento un control preciso.

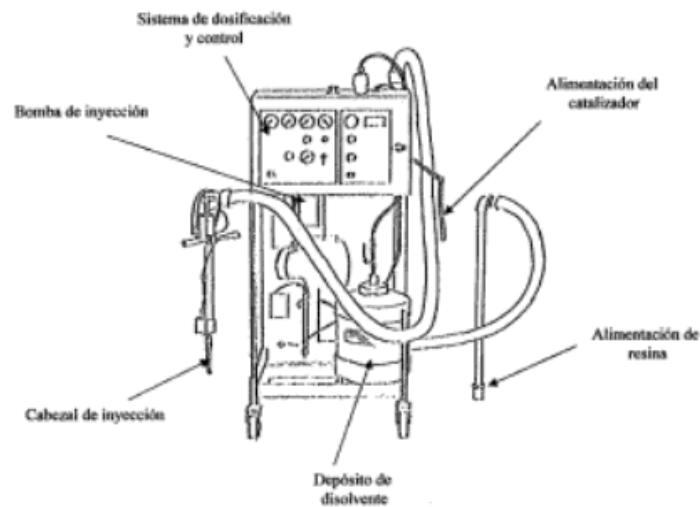


Figura 2: Equipo RTM portátil.

Los procesos de RTM son muy flexibles en relación con la elección de los materiales que se utilizarán y respecto a las formas geométricas que se pueden obtener. El proceso de fabricación de una pieza comprende cinco fases bien diferenciadas:

1. Colocación del refuerzo
2. Cierre del molde
3. Inyección de la resina con el molde cerrado
4. Curado o reticulación de la pieza
5. Desmoldeo

El refuerzo debe ser preparado previamente. El preparado consiste en el corte de las fibras de refuerzo, bien sean fieltros o bien tejidos, acorde con las formas de la pieza y de acuerdo con la orientación que se le quiera dar. También existen las preformas, aunque su elevado coste inicial sólo hacen justificable su uso en grandes series.

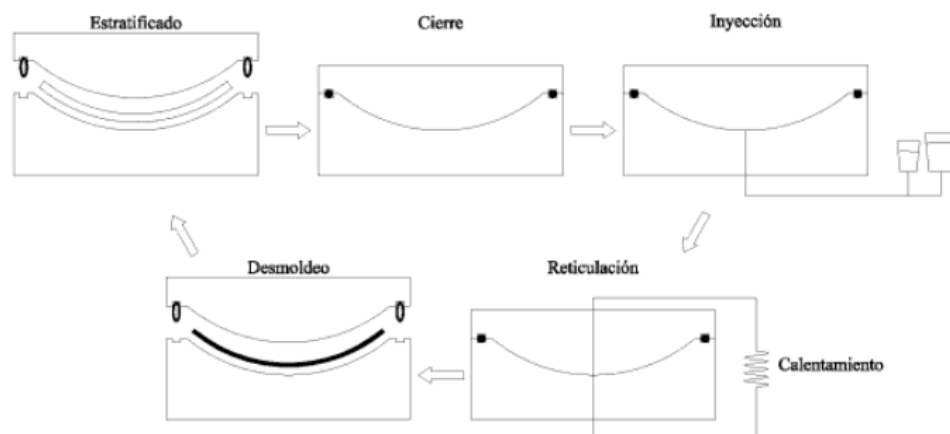


Figura 3: Proceso RTM.



Una vez cortadas las fibras se disponen sobre una de las partes del molde abierto, que ha sido previamente pintada con gelcoat; con todas las pieles dispuestas sobre el molde, se procede a cerrar el molde. En esta etapa se pueden realizar insertos en las piezas, pero deben tenerse en cuenta de antemano, durante la etapa de diseño de los moldes.

Una vez cerrado el molde, se procede a transferir la resina catalizada en el interior del mismo, conjuntamente con los aditivos y cargas; así pues, el verdadero contacto entre la resina y las fibras se produce en el interior del molde, en ausencia de la mano del hombre.

Una vez impregnado el refuerzo se corta el suministro de resina y se deja curar la pieza; se considera la pieza curada cuando la reticulación de la misma alcanza el 80%.

El molde puede estar frío o poseer ya una determinada temperatura, dependiendo del proceso y de las propiedades de la resina utilizada. El atemperamiento se consigue con serpentines colocados en el interior del molde o con resistencias eléctricas distribuidas en forma de manta bajo el mismo.

Una vez la pieza se encuentra curada, se procede al desmoldeo de la misma. Normalmente se abre el molde mediante ayudas mecánicas debido al excesivo peso del mismo, y el desmoldeo de la pieza se realiza manualmente.

7.3.3. VARTM.

El moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM) es una variante simplificada del método RTM tradicional; es un sistema muy similar al del RTM estándar, pero la resina es introducida en la parte baja del molde a través de bajas presiones, o inclusive por gravedad.

En la parte más elevada del molde existen orificios conectados a un sistema de vacío, con lo cual, se establece un flujo de resina entre la parte baja y la alta que impregna todo el laminado.

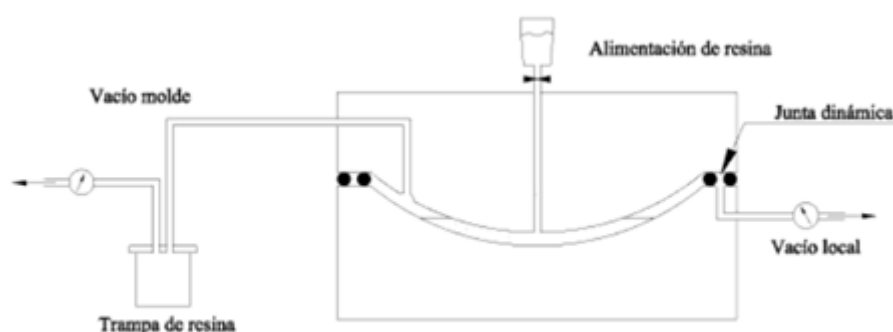


Figura 4: Concepto VARTM.



7.3.4. MOLDEO POR INFUSIÓN.

La infusión es una alternativa perfectamente válida a los métodos tradicionales de molde abierto, que permite construir piezas de grandes dimensiones con bajo coste, y en la cual se pueden aprovechar la mayoría de los moldes ya existentes, con una reducción sustancial de las emisiones de compuestos orgánicos volátiles al ambiente.

El proceso de infusión consta de varias etapas: primero se disponen las fibras de refuerzo secas sobre el molde; si la pieza lo requiere, se puede pintar el molde con gelcoat previamente.

A continuación todo el conjunto es compactado mediante presión de vacío por medio de una bolsa, para extraer el aire atrapado entre capas de laminado.

Una vez compactado el laminado seco, se permite el paso de resina catalizada a través de mangueras estratégicamente distribuidas sobre todo el molde. La distribución de la resina sobre el laminado es ayudada por medio de las estructuras textiles que actúan como una gran membrana porosa.

Una vez lleno de resina todo el conjunto, se mantiene bajo depresión hasta que se efectúe la polimerización de la resina. Dicha polimerización se realiza a temperatura ambiente, aunque pueden reducirse los tiempos de curado mediante la aportación de calor externo.



Figura 5: Concepto infusión.



7.4. ANEXO IV: CLIMATIZACIÓN DE LA NAVE

En el presente anexo se incluye una descripción y los resultados de cálculo de dimensionamiento de la instalación de climatización de la nave industrial facilitados por una empresa del sector.

El presupuesto facilitado por la empresa se incluye en el presupuesto de la planta de fabricación flexible de palas de aerogenerador.

CLIMATIZACIÓN NAVE

Para el diseño del sistema de climatización se han tenido en cuenta varios aspectos condicionantes:

- 1.- Condiciones ambientales exigibles por el proceso (T^a y Humedad),
- 2.- Condiciones de confort de trabajadores (Calidad del aire, salubridad),
- 3.- Compacidad y facilidad de transporte de componentes.

El sistema consiste en unidades de tratamiento de aire mediante circuito de agua a dos tubos. Se ha desechado la opción de funcionar a cuatro tubos ya que en ningún caso dentro de la nave va a haber posibilidad de requerir frío y calor simultáneamente desde estos equipos. Estos equipos terminales de tratamiento de aire consisten básicamente en sistemas de impulsión y retorno de aire a la nave previamente tratado mediante las correspondientes fases de filtrado para asegurar la calidad del aire así como la vida útil de la máquina. Para lograr la temperatura deseada en el aire impulsado a la nave, los climatizadores cuentan con baterías de frío y calor por las que discurre el agua previamente enfriada o calentada por unidades exteriores tipo “bomba de calor”.

Los climatizadores, de cara a ser lo más eficientes posibles contarán con compuertas de freecooling que controladas por sondas de humedad y temperatura permitan “valorar” al propio equipo cuánto aire coger del exterior y cuanto del retorno para tratarlo en la impulsión. Son los equipos encargados de transmitir la energía del agua fría y caliente, proveniente de los equipos de distribución, a los espacios a climatizar. Estas unidades se encargan además de la renovación y filtración del aire, así como de la recuperación energética y control de humedad.

Para la distribución del aire en la nave se ha considerado un volumen a climatizar correspondiente a los 3-4 primeros metros de altura de la nave, ya que este es el espacio donde realmente va a centrarse la actividad del proceso y del personal. Para ello se ha despreciado la interferencia de la iluminación. Es decir no se ha considerado su acción favorable en calefacción ya que su calor queda muy por encima del área de trabajo por estratificación natural, y en refrigeración, al estar tan alejadas del plano de trabajo y tender



el aire caliente a subir, lo podremos evacuar con el sistema cruzado de ventilación natural mediante exutorios en fachadas contrapuestas.

Se ha optado por un sistema que no interfiera en el proceso (dispuesto perimetralmente en la nave sin obstaculizar recorridos de montaje ni puentes grúa).

Se ha optado por impulsar en ambos laterales mediante toberas orientables a una altura de 3,5 m. orientadas hacia arriba en verano y hacia abajo en invierno. Estas permiten llegar a larga distancia asegurando barrer todo el área de trabajo. Se han previsto los retornos en la parte baja de la nave para asegurar correctos barridos, especialmente en calefacción ya que de no disponer así estas extracciones, el calor podría “fugarse” a la parte alta de la nave. De este modo obligamos al aire climatizado a seguir el recorrido de área de confort establecida.

Para el cálculo de cargas se ha establecido una temperatura de proceso de entre 22-24°C y una humedad del 50-60%. Previamente se han calculado los coeficientes de transmisión de calor de la nave en base a los materiales y espesores en base a las siguientes fórmulas:

Para cerramientos en contacto con el aire exterior: muros de fachada, suelos en contacto con aire exterior y cubiertas se calcula mediante la resistencia térmica total:

$$U = 1 / R_T$$

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

$$R_n = e_n / \lambda_n$$

Los valores adoptados como condiciones exteriores de cálculo en este proyecto se han obtenido del Instituto Nacional de Meteorología, en lo relativo a las temperaturas y considerando las variaciones horarias y mensuales de las mismas de acuerdo con UNE 100014. Para los valores de la radiación solar sobre las superficies de la envolvente del edificio se han tomado valores según ASHRAE, los cuales se han modificado para tener en cuenta el efecto de reducción por la atmósfera.

La temperatura seca exterior de diseño de verano es de 32 °C con una humedad relativa del 51%. La temperatura seca exterior de diseño de invierno es de -5°C .

Se adjuntan fichas de cálculo mediante hojas excel basadas en el método carrier de cálculo de cargas de climatización.



Potencia eléctrica instalada:

- Bombas de calor: $7.7 \times 6 \text{ uds} = 46 \text{ kW electr}$
- Ventilador retorno climatizador = $1.7 \times 2 \text{ uds} = 3.4 \text{ kW electr}$
- Ventilador impulsión climatizador = $2.4 \times 2 \text{ uds} = 4.8 \text{ kW electr}$
- Ventiladores renovación nave cruzada = $2 \times 4 \text{ uds} = 8 \text{ kW electr}$
- Cortinas de aire = $1.44 \times 4 \text{ uds} = 5.76 \text{ kW}$



Ficha Justificativa	Proyecto : NAVE INDUSTRIAL PFC	(Edición 06/07.v06)	
Cálculo de Cerramientos	Código : PFC MPALACIOS	Fecha: ENERO	
	Hoja : CALCULO TRANSMITANCIA	Autor:	

Nombre Cerramiento	Tipo de Cerramiento	Espesor (m)	Material	λ (W/m K)	R (m² K / W)
LATERALES	<i>Muros de fachada</i>		Aire Exterior Flujo Horizontal		0,040
		0,001	Acero	50,000	0,000
		0,001	Betún fieltro o lámina impermeabilizante	0,230	0,004
		0,070	MW Lana vidrio [0.05 W/[mK]]	0,050	1,400
		0,001	Acero	50,000	0,000
			Aire Exterior Flujo Horizontal		0,040
			Coefficiente U	0,674	
CUBIERTA	<i>Cubiertas en contacto con el aire exterior</i>		Aire Exterior Flujo Horizontal		0,040
		0,001	Acero	50,000	0,000
		0,080	MW Lana vidrio [0.05 W/[mK]]	0,050	1,600
		0,001	Betún fieltro o lámina impermeabilizante	0,230	0,004
		0,001	Aluminio	20,000	0,000
			Aire Exterior Flujo Horizontal		0,040
			Coefficiente U	0,594	



Cargas de Calefacción	Proyecto : NAVE INDUSTRIAL PFC	(Edición 11/96.w03)	
	Código : PFC MPALACIOS	Fecha: 01/01/2012	
		Autor:	

Local : NAVE				
Superficie :	4050,0 m ²	CLIMATIZADO	Temperatura Exterior :	-10 °C
Volumen :	12150,0 m ³		Temperatura Interior :	20 °C
Aire Exterior :	360 l/s		Temp. Local no Calef. :	12 °C
Fac.Seguridad :	20 %		Temperatura Terreno :	10 °C

1. CRISTAL EXTERIOR

Orientación	Superficie (m ²)	Coefficiente Transmisión (W/m ² °C)	Diferencia Temperatura (°C)	(W)
N	0,0	0,000	30,0	0,0
E	0,0	0,000	30,0	0,0
S	0,0	0,000	30,0	0,0
O	0,0	0,000	30,0	0,0

2. PARED EXTERIOR

Orientación	Superficie (m ²)	Coefficiente Transmisión (W/m ² °C)	Diferencia Temperatura (°C)	(W)
N	90,0	0,670	30,0	1809,0
E	405,0	0,670	30,0	0,0
S	90,0	0,670	30,0	1809,0
O	405,0	0,670	30,0	8140,5

3. RESTO SUPERFICIES

Concepto	Superficie (m ²)	Coefficiente Transmisión (W/m ² °C)	Diferencia Temperatura (°C)	(W)
Tabique	0,0	0,000	8,0	0,0
Suelo Interior			8,0	0,0
Suelo Exterior			30,0	0,0
Suelo Tierra			10,0	0,0
Tejado	3450,0	0,590	30,0	61065,0
Techo	0,0	0,000	8,0	0,0
Pared Tierra			10,0	0,0

4. TOTALES

TOTAL TRANSMISIONES :	72823,5
Factor Seguridad 20 % :	14564,7
Aire Exterior = 360 l/s x 30°C x 1,18 kg/m ³ x 1,01 kJ/kg°C :	12871,4
PERDIDAS DE CALOR TOTAL :	100259,6



CAPÍTULO 8:

BIBLIOGRAFÍA



8.1. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES DE INFORMACIÓN

- Tony Burton, David Sharpe, Nick Jenkins, Ervin Bossanyi. *Handbook of wind energy*. John Wiley & Sons, 2001.
- Alejandro Besednjak, Alejandro Besednjak Dietrich. *Materiales compuestos: procesos de fabricación de embarcaciones*. Edicions UPC, 2005
- Amenedo, J.L. et al. *Sistemas eólicos de producción de energía eléctrica*. Editorial Rueda.
- Le Gouriérés, Désiré. *Energía eólica*. Ed. Masson.
- David A. Spera. *Wind turbine technology*. Ed. Asme Press.
- Erich Hau. *Wind Turbines* 2nd edition. Ed. Springer.

8.2. OTRAS PUBLICACIONES

- Revista medioambiental online. <http://www.ambientum.com/revistanueva/2005-09/aguas.htm>
- Catálogo Gaerner. Mobiliario, transportes, almacenaje, etc.
- Catálogo KaiserKraft. Mobiliario, transportes, almacenaje, etc.
<http://www.kaiserkraft.es/shop/nav?PC=1GOO&LC=kraft%20kaiserkraft>
- Manual de referencia sobre la energía eólica, de descarga gratuita, en:
<http://www.windpower.dk>

8.3. PÁGINAS WEB CONSULTADAS

Energía eólica:

- http://www.natureduca.com/energ_indice.php
- http://centros6.pntic.mec.es/cea.pablo.guzman/lecciones_fisica/la_energia.htm
- http://secvitel.com/index.php?option=com_content&view=article&id=58:breve-historia-del-uso-mundial-de-energia&catid=47:articulos&Itemid=58
- <https://www.taringa.net/registro-login?private=post&redirect=%2Fposts%2Finfo%2F5242788%2Fhistoria-de-la-energia.html>
- <http://www.ewea.org/>
- <http://www.cener.com/es/index.asp>



Carpas y naves prefabricadas:

- <http://www.haltec.co.uk/>
- <http://www.carpasgrupoplus.com/>
- <http://www.okatent.com/>
- <http://www.delta-structures.com/espagnol/delta.html>
- <http://www.locabri.com/es/index.php>
- <http://www.frisomat.es/es/Productos/Astra/GALERIA-DE-IMAGENES.aspx>
- <http://www.losberger.fr/>
- <http://www.alcogruppo.es/products.php?ap=8&sec=97>
- <http://www.carpashispania.com/>
- <http://www.grupvall.com/grup-vall-productos-maxi-vall.php>
- <http://www.nave10.es/>

Módulos prefabricados:

- <http://www.consmetal.es/>
- <http://www.nuevosistemamodular.com/>
- <http://www.balat.com/>

Fabricantes de palas de aerogenerador:

- <http://www.compositemfg.com/>
- <http://www.lmwindpower.com/>
- <http://www.powerblades.de/>
- <http://www.bard-offshore.de/>
- <http://www.enercon.com/>
- <http://www.phwindsolutions.com/>
- <http://www.accion.a.es/>
- <http://www.mtorres.es/>
- <http://www.gamesacorp.com/es/>
- <http://www.tpicomposites.com/>

Herramientas:

- <http://www.nederman.com/>
- <http://www.reglo.no/index.php?lang=es>
- <http://www.nilfiskcfm.com/>
- <http://www.reglo.no/index.php?lang=es>
- <http://www.sagola.com/>
- <http://www.sandvik.coromant.com/es>



Maquinaria:

- <http://www.telstar-vacuum.com/en/node/402>
- <http://www.glascraft.co.uk/gelcoatdispense.html>
- <http://www.dopag.com/?rub=176>
- <http://www.2km.co.uk/>
- <http://www.correanayak.eu/>

Materiales:

- http://www.diabgroup.com/americas/u_opening/u_home.html
- <http://www.glascraft-iberica.com/>
- <http://www.gurit.com/tooling.aspx>
- http://www.huntsman.com/performance_products/eng/Home/Markets/Markets/index.cfm?PageID=5291
- http://www.resoltech.com/index_uk.php
- <http://www.gurit.com/wind-energy-products.aspx>

Suelos modulares:

- <http://www.guil.es/home.php>
- <http://www.portaldeobras.com/present.htm>

Transportes:

- http://www.kn-portal.com/locations/asia_pacific/australia/
- http://www.liftra.com/html/blade_es.html
- <http://www.ship.gr/offices/index.htm>
- http://www.empresatransportes.es/tarifas_transporte.html
- <http://www.latinamericacargo.com/info-contenedores.htm>
- <http://www.exapro.es/contenedor-cisterna-20-de-segunda-mano-pe23589/>
- <http://www.hyster.com/>

Grúas:

- <http://www.estindel.com/index.html>
- <http://www.ghsa.com/es/>
- <http://www.jaso.com/es/la-empresa/>



Medio ambiente y seguridad:

- <http://www.denios.es/almacenamiento-productos-quimicos/contenedores-con-resistencia-al-fuego.html>

Cimentaciones:

- <http://www.soloarquitectura.com/foros/showthread.php?84321-Cimentación-para-máquina-herramienta-de-precisión/page2>
- <http://www.izaro.com/contenidos/ver.php?id=es&se=3&su=32&co=1291972399>

Instalaciones:

- http://www.resmat.net/fosa_septica.asp
- <http://www.atlascopco.com/>
- <http://www.gesan.com/>
- <http://www.trox.es/es/products/climatizadores/index.html>
- <http://www.abac-compresores.com/html/intro.htm>
- <http://www.lighting.philips.es/>

8.4. NORMATIVA CONSULTADA

- **Código Técnico de la Edificación (CTE).**
Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, del Ministerio de Vivienda.
B.O.E.: 28 de marzo de 2006.
- **Reglamento de Seguridad contra Incendios en los establecimientos industriales**
Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, del Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
B.O.E.: 17 de diciembre de 2004.
- **Seguridad y Salud en los lugares de trabajo**
Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, del Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
B.O.E.: 23 de abril de 1997.
- **Ley de Prevención de Riesgos Laborales**
Ley 31/1995, de 8 de noviembre, de la Jefatura del Estado.
B.O.E.: 10 de noviembre de 1995.



- **Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos y sus Instrucciones Técnicas Complementarias MIE APQ-1, MIE APQ-2, MIE APQ-3, MIE APQ-4, MIE APQ-5, MIE APQ-6 y MIE APQ-7.**
Real Decreto 379/2001, de 6 de abril, del Ministerio de Ciencia y Tecnología.
B.O.E.: 10-5-2001.
- **Instrucción técnica complementaria MI-IP 03 «Instalaciones petrolíferas para uso propio».**
Real Decreto 1427/1997, de 15 de septiembre, del Ministerio de Energía e Industria.
B.O.E.: 23-10-1997.



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

Titulación:

INGENIERO INDUSTRIAL

Título del proyecto:

PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE
AEROGENERADOR

PLANOS

Miguel Palacios Osácar

Jesús del Carmen Elcuaz

Pamplona, 23 de febrero de 2012



ÍNDICE DE PLANOS

PLANO 1: PLANTA DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL

PLANO 2: CIMENTACIÓN

PLANO 3: ESTRUCTURA NAVE PREFABRICADA

PLANO 4: ALZADOS

PLANO 5: DISTRIBUCIÓN DE LUMINARIAS

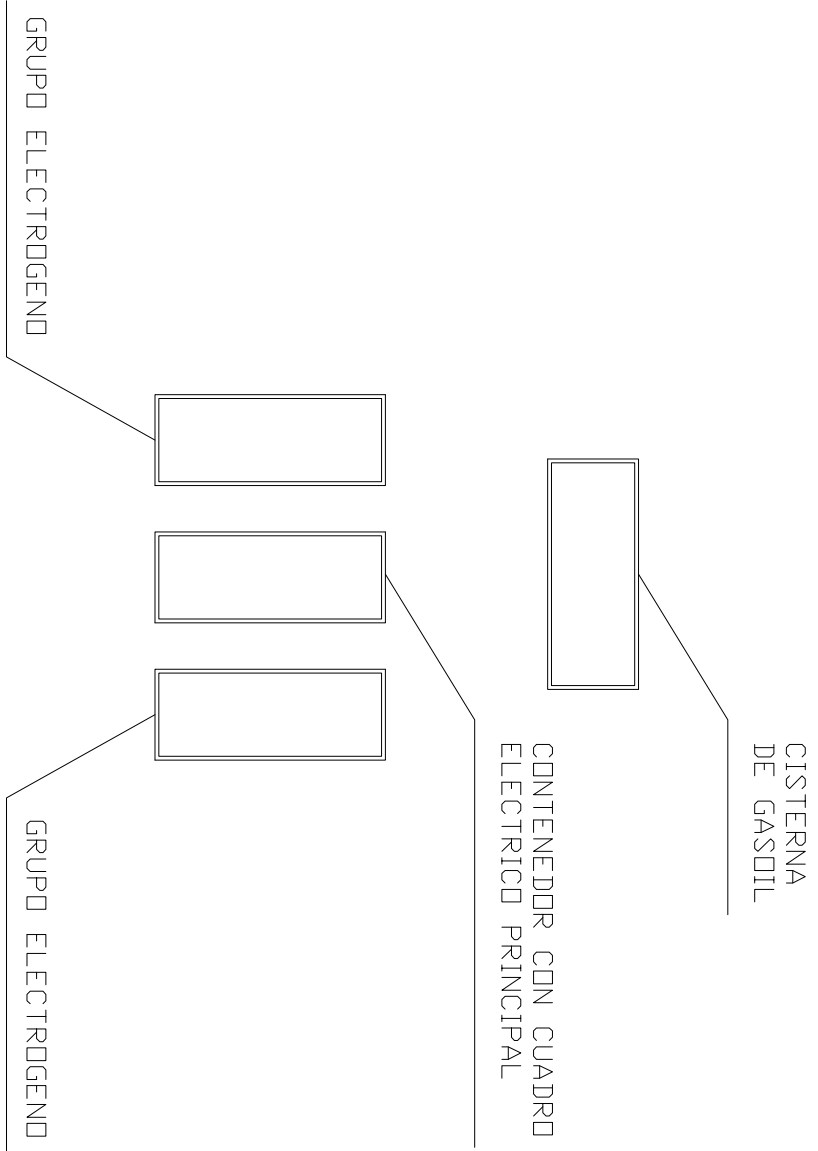
PLANO 6: PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

PLANO 7: PLANTA DE COTAS

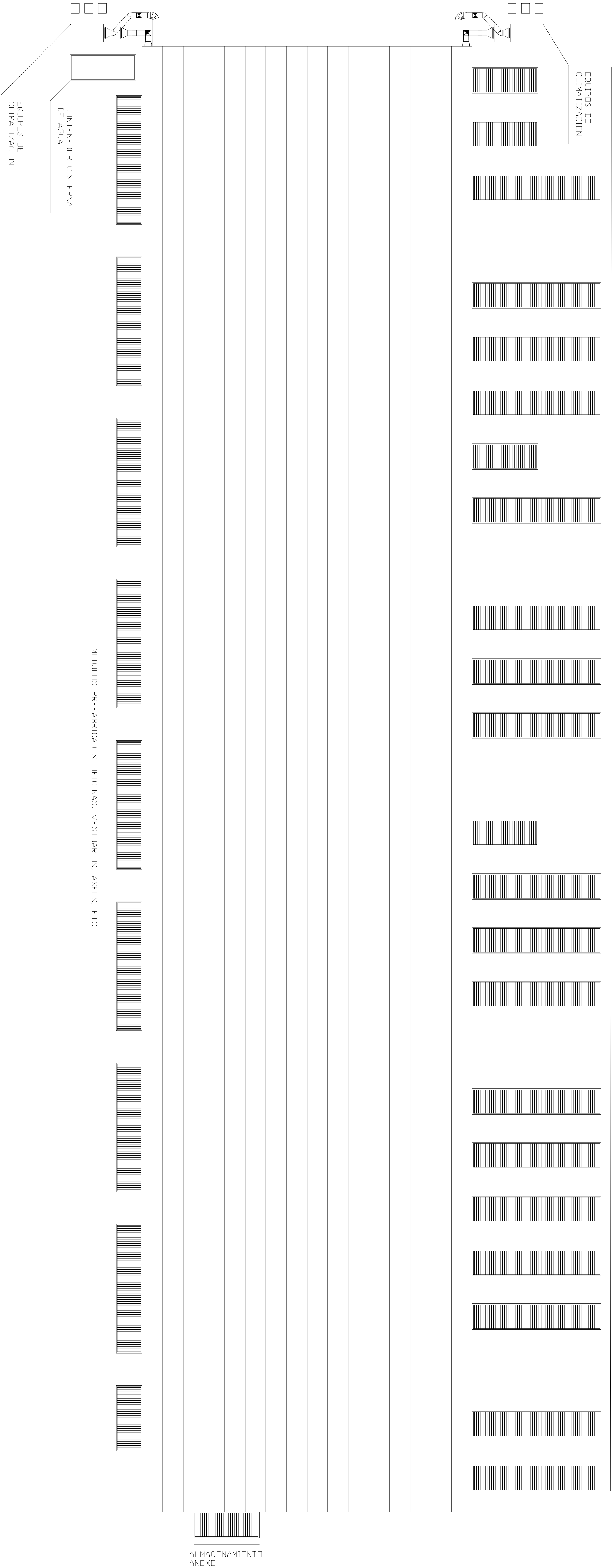
PLANO 8: PLANTA DE SUPERFICIES



PLANO 9: PLANO DE LAYOUT

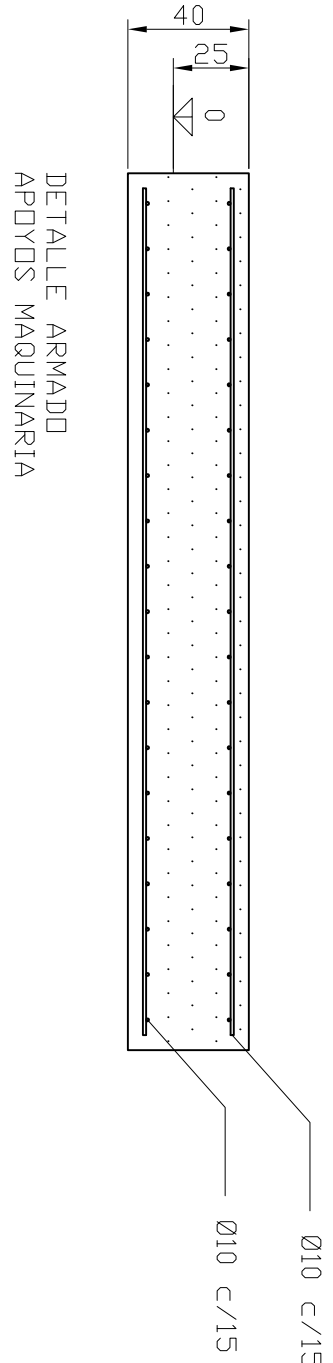
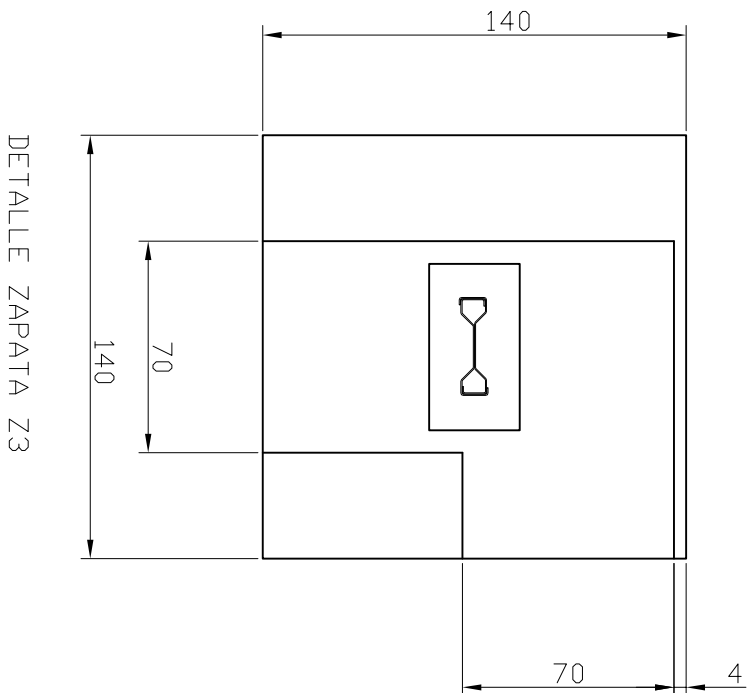
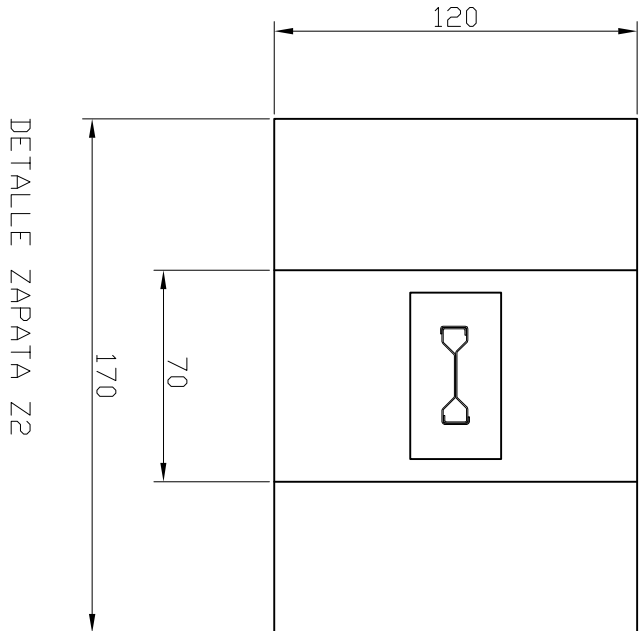
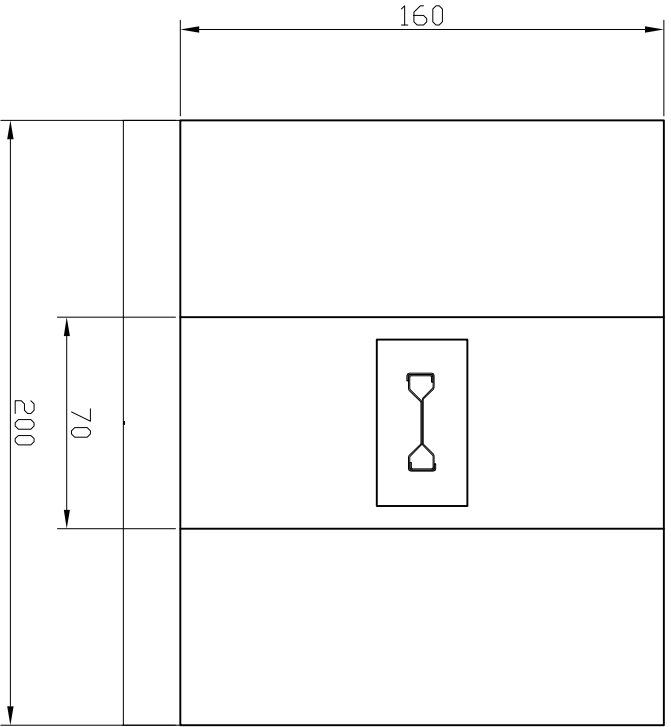
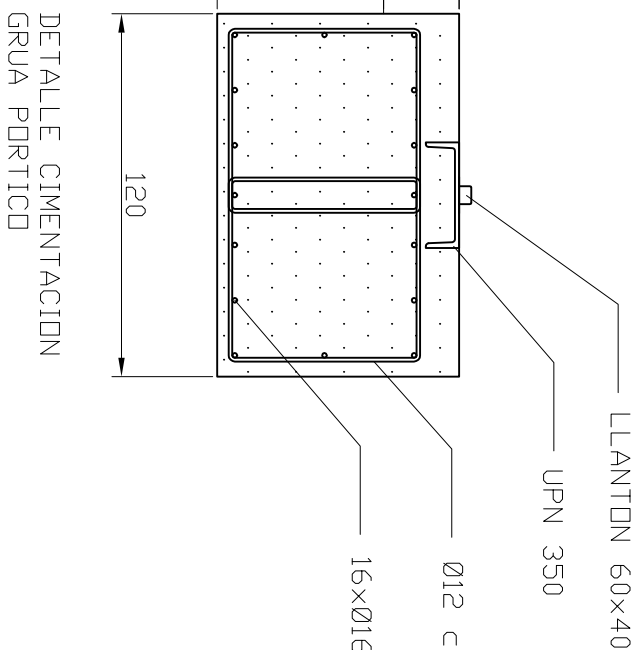
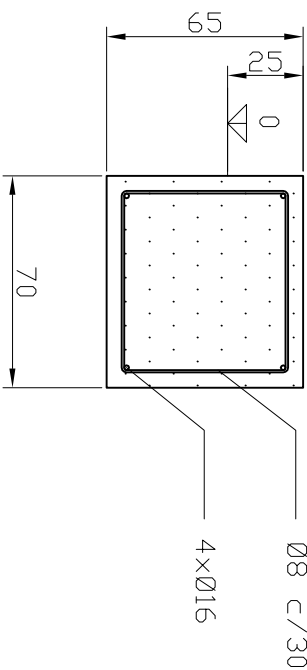
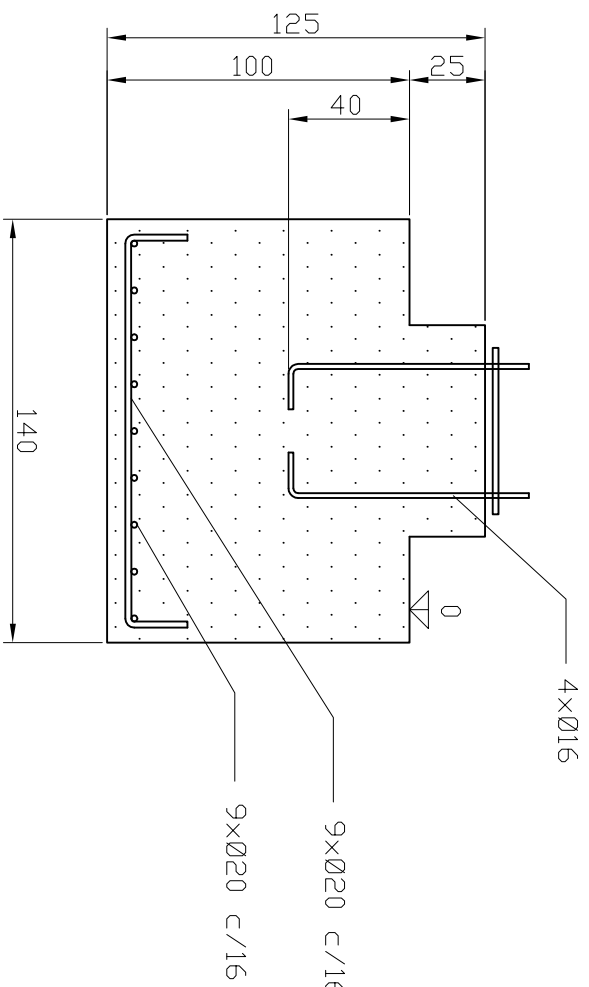
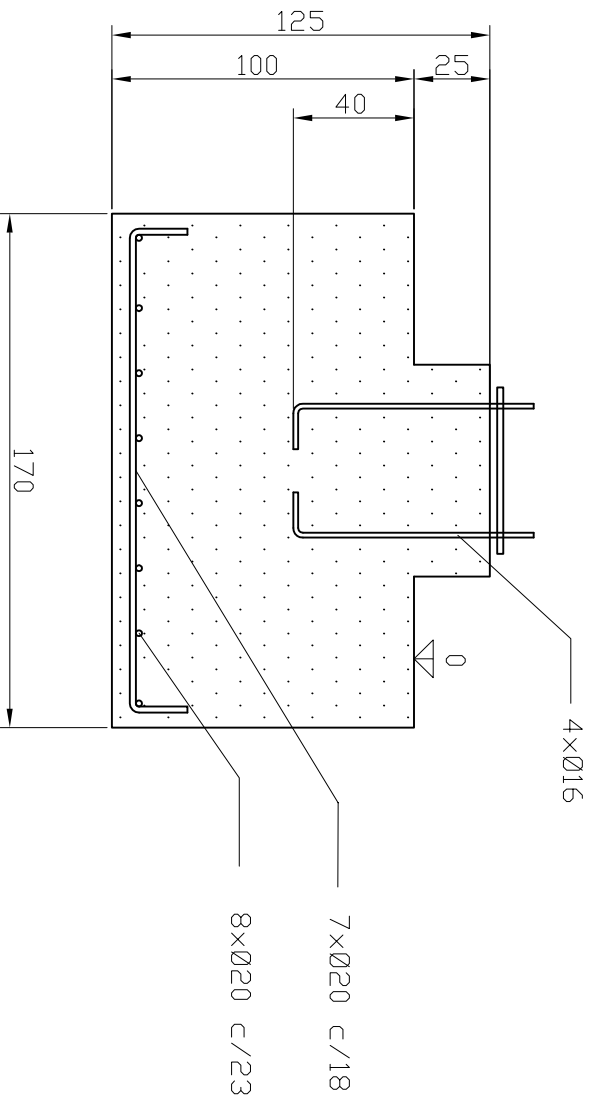
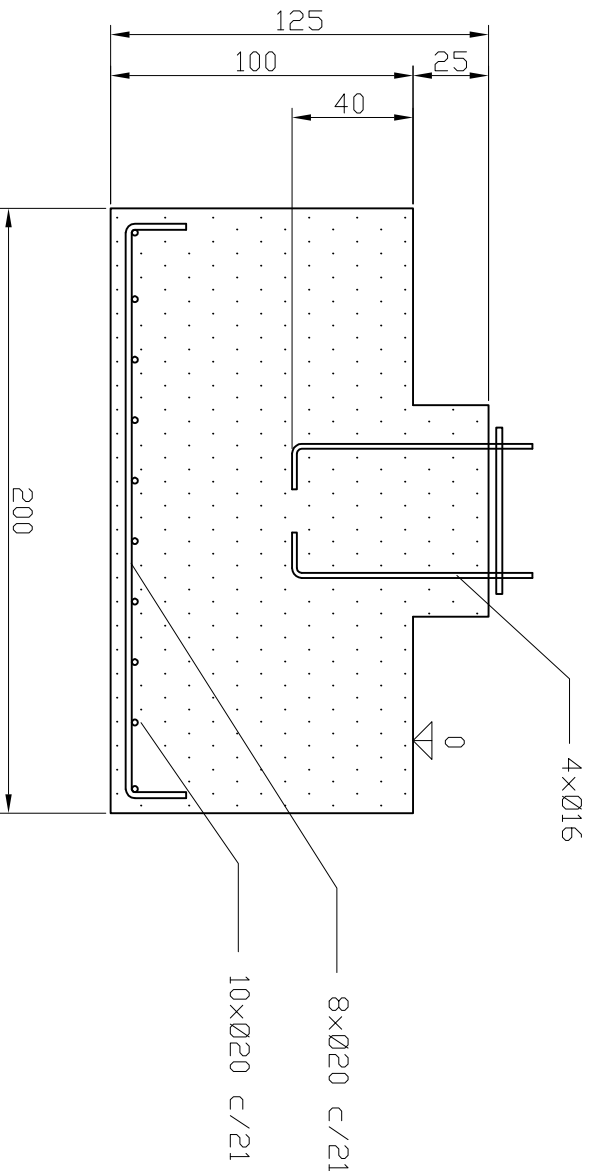
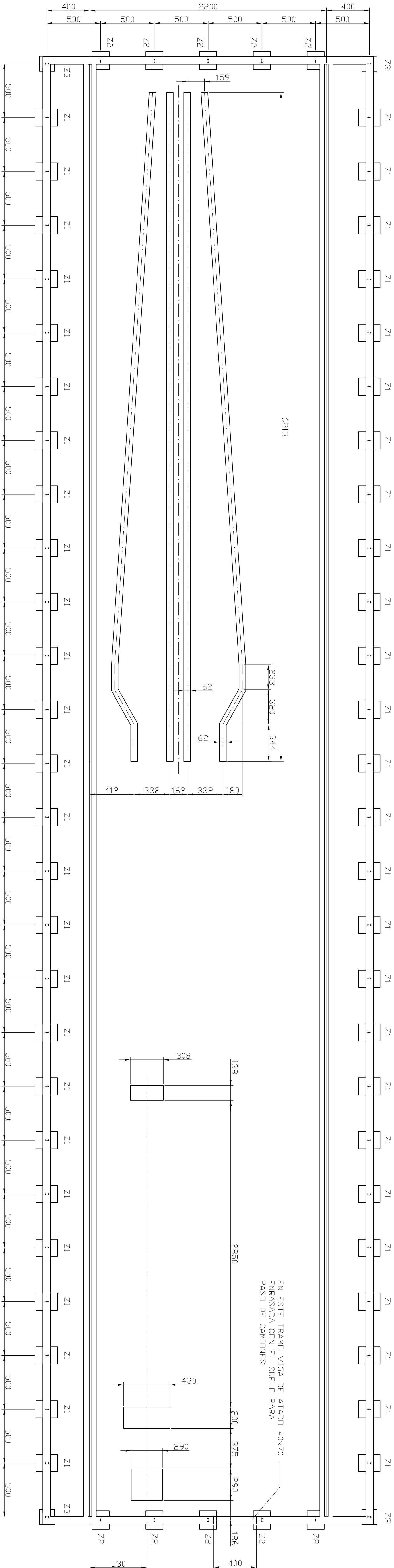
PLANO 10: FLUJO DE MATERIALES



ALMACENAMIENTOS ANEXOS A LA NAVE





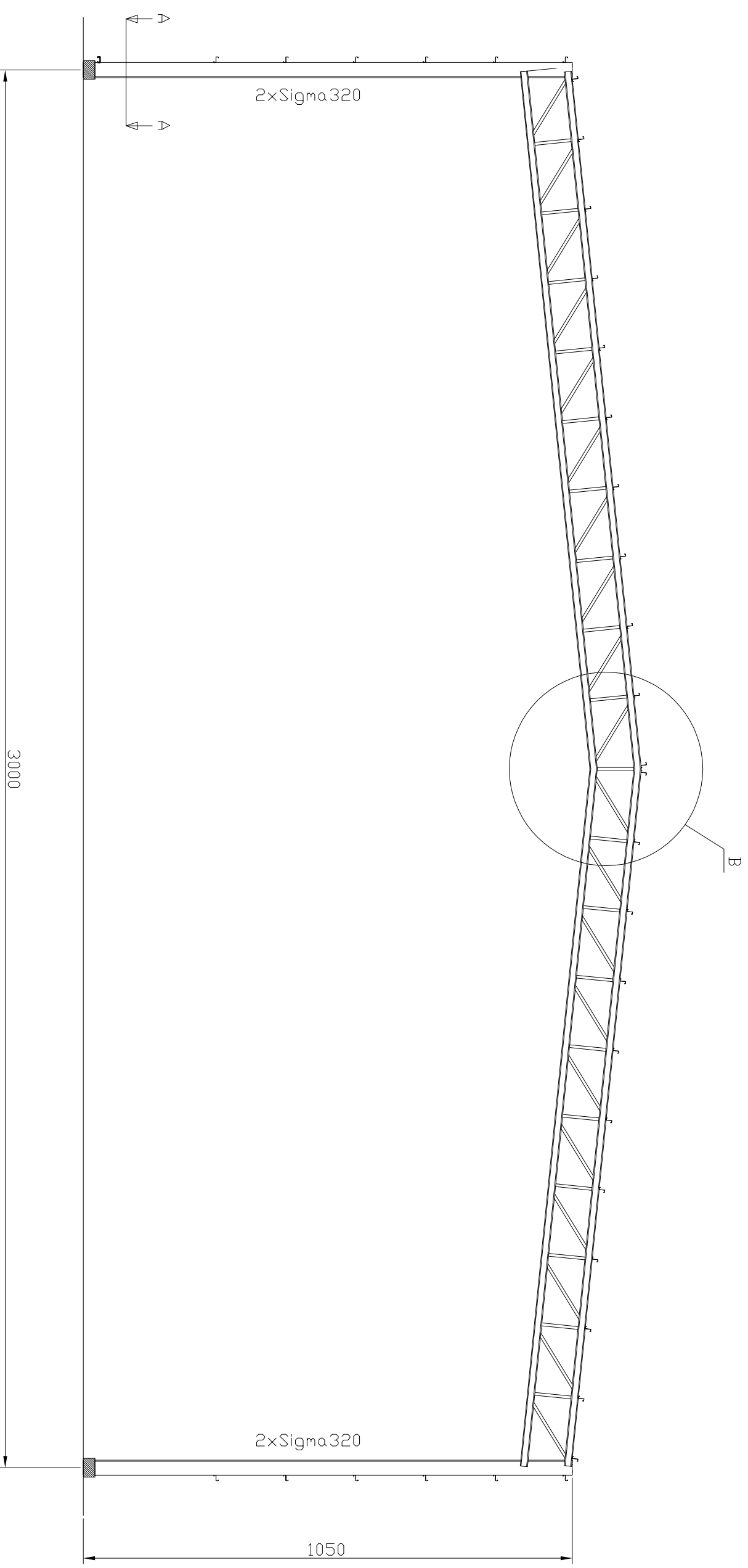
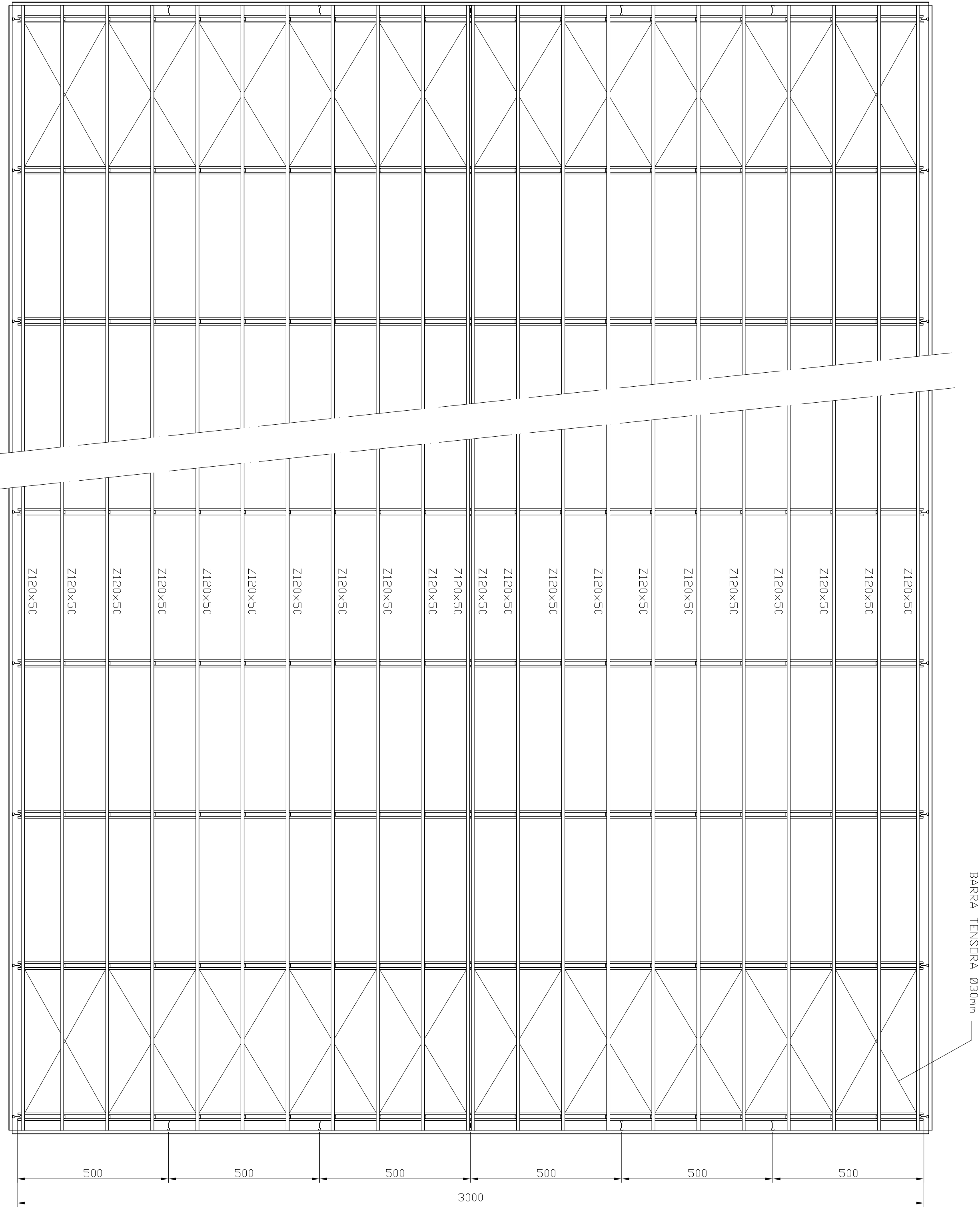
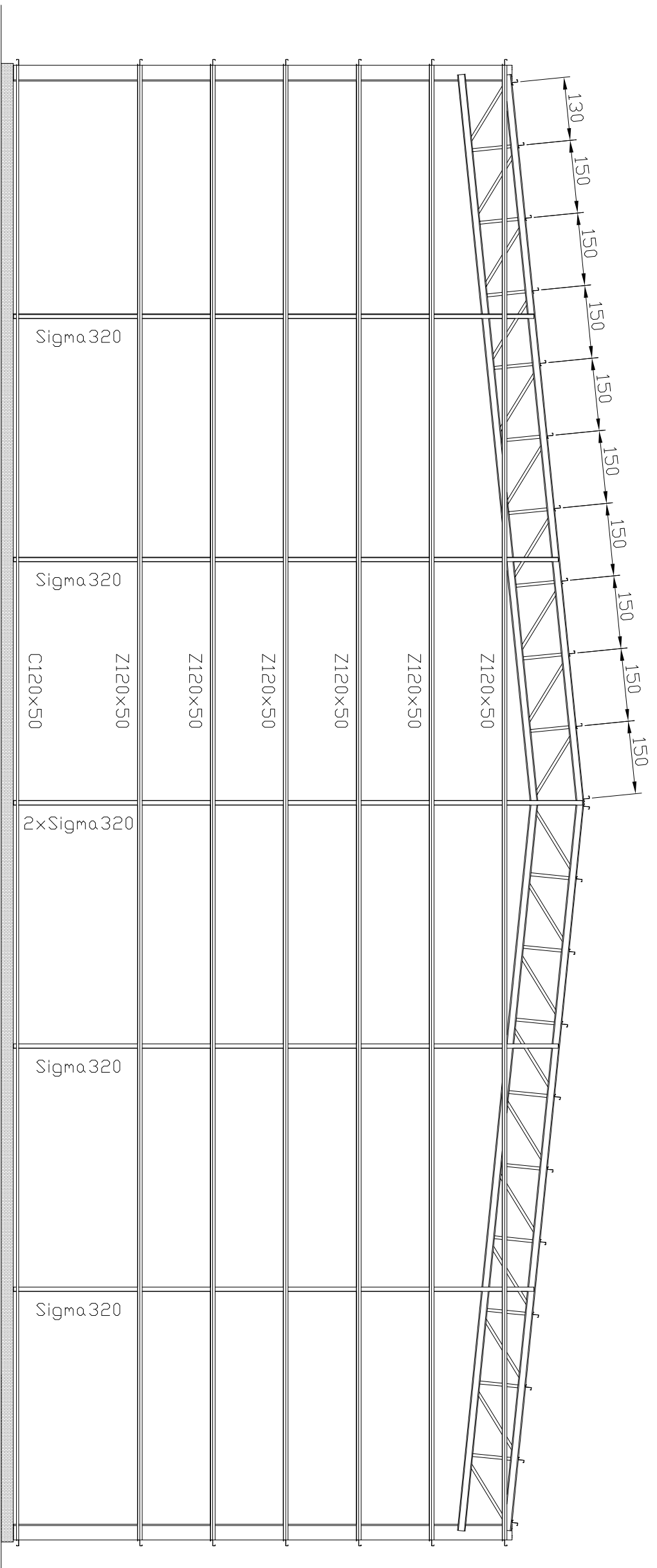
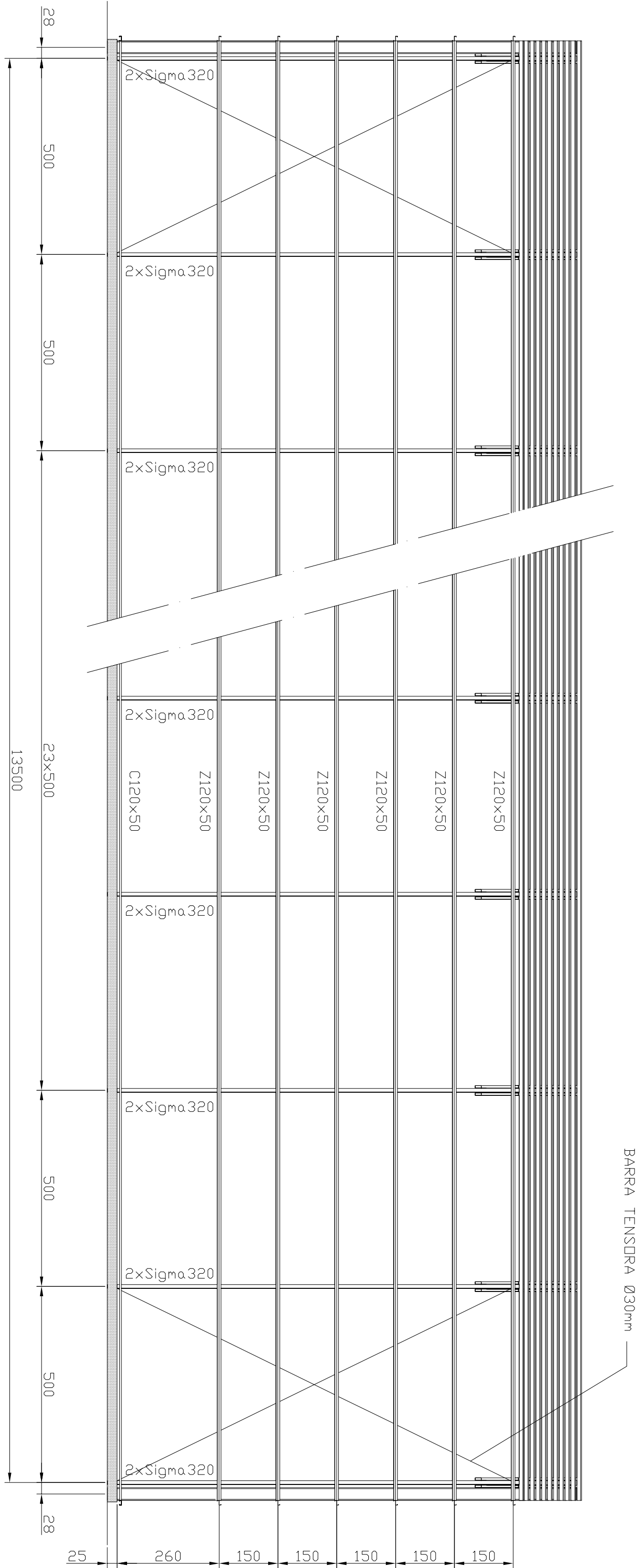
<div>Universidad Publica de Navarra</div> <div> UNIVERSIDAD PÚBLICA de Navarra</div>		<div>E.T.S.I.I.T.</div> <div>INGENIERO INDUSTRIAL</div>	
<div>PROYECTO:</div> <div>PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR</div>		<div>DEPARTAMENTO DE</div> <div>PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
<div>REALIZADO:</div> <div>PALACIOS OSACAR, MIGUEL</div>		<div>FECHA:</div> <div>23/02/12</div>	
<div>PLANO:</div> <div>PLANTA DE LA INSTALACIÓN INDUSTRIAL</div>		<div>ESCALA:</div> <div>1:200</div>	<div>FIRMA:</div> <div></div>



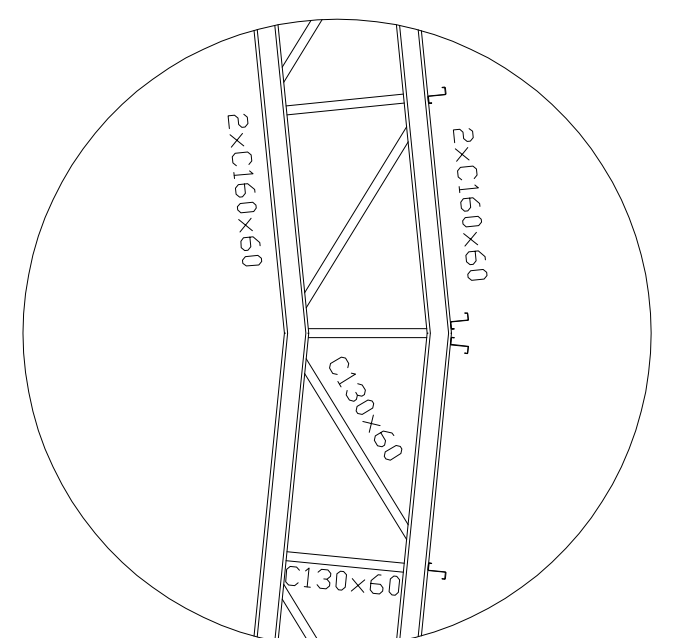
ESCALA DE DETALLES

1:25

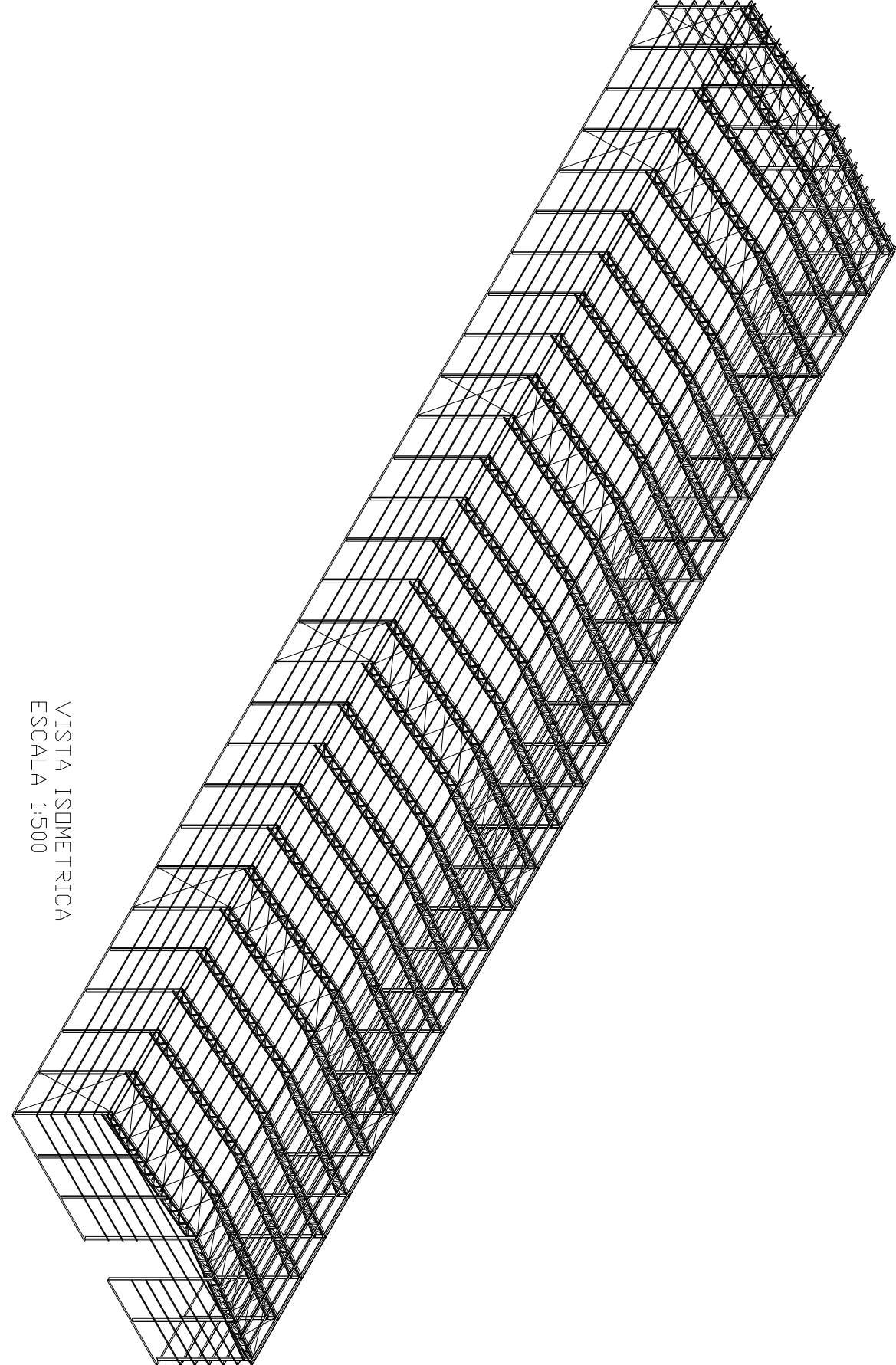
 <div>Universidad Pública de Navarra Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PROYECTO: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR		REALIZADO: PALACIOS OSACAR, MIGUEL		FIRMA: 	
PLANO: CIMENTACIÓN		FECHA: 23/02/12		ESCALA: 1:200	
				Nº DE PLANOS: 2	



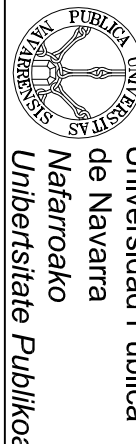

SECCION A-A
DETALLE PERFIL 2xSigma320
ESCALA 1:10

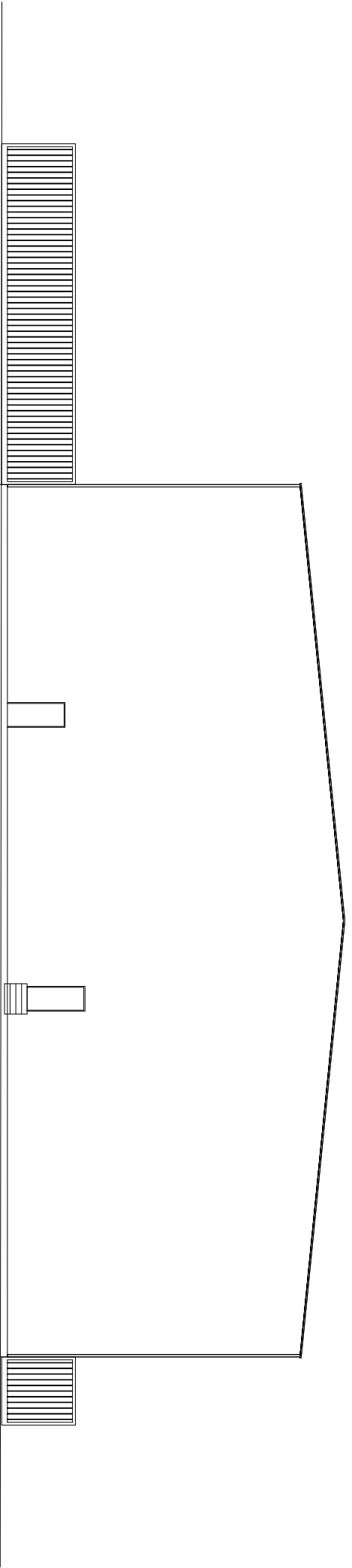
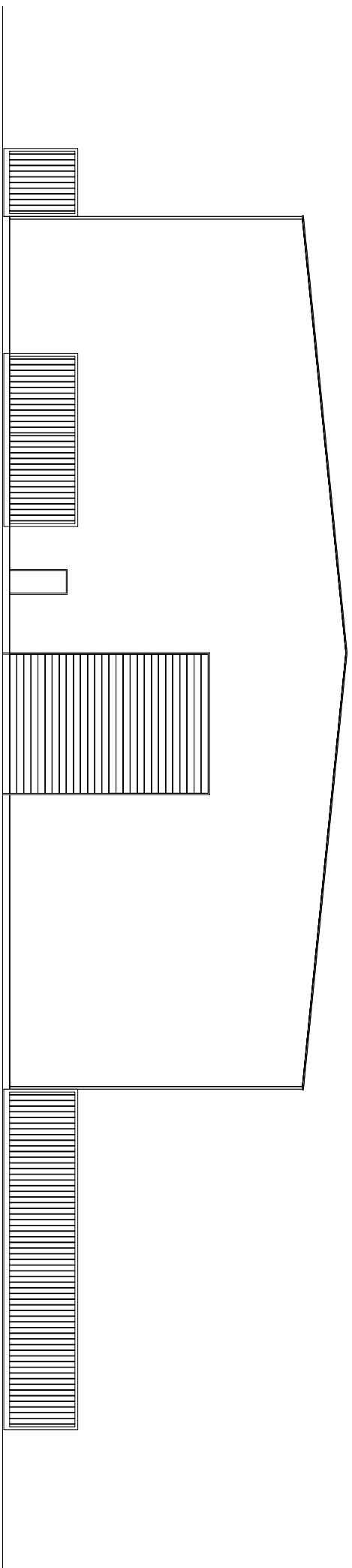
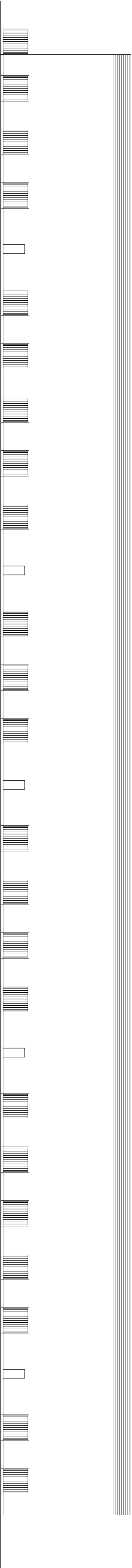
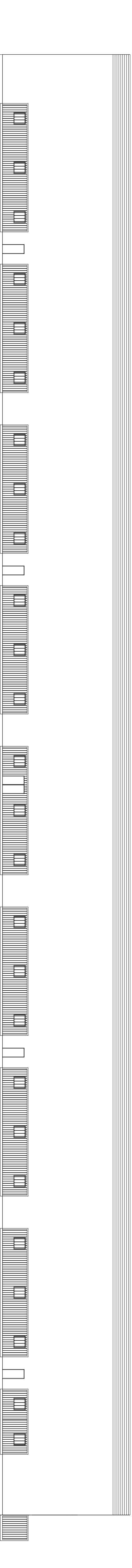


DETALLE B
ESCALA 1:50

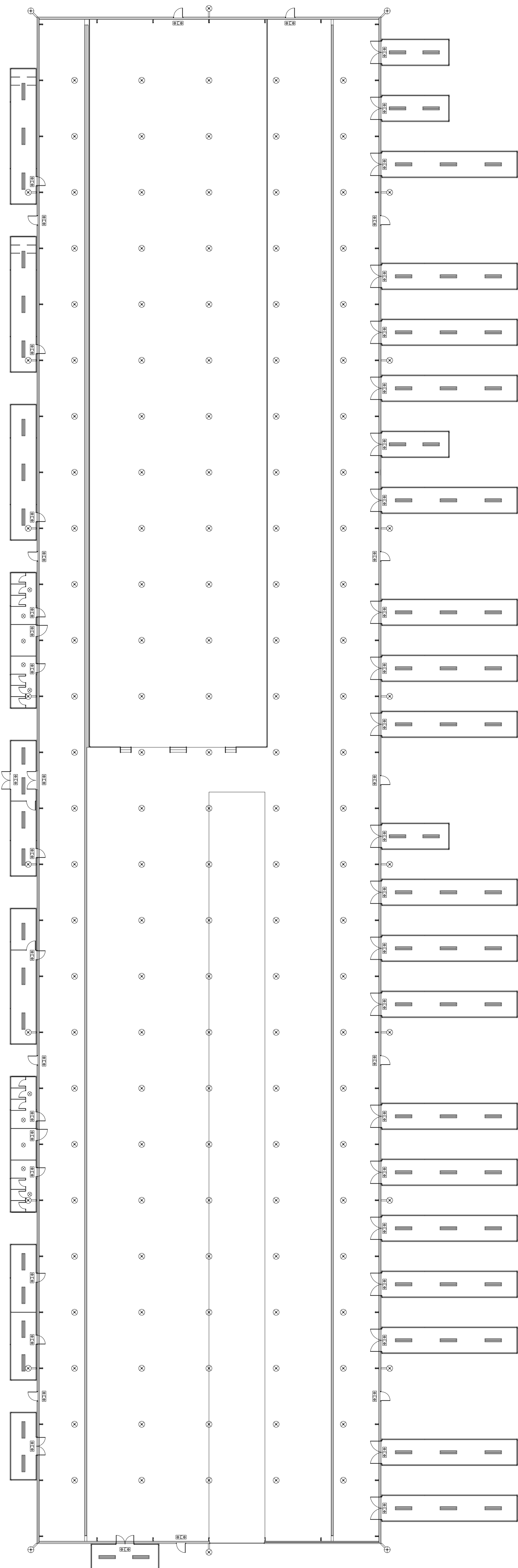


VISTA ISOMETRICA
ESCALA 1:500

 Universidad Pública de Navarra <i>Universitate Publikoa</i>		E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	
PROYECTO: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
REALIZADO: PALACIOS OSACAR, MIGUEL		FIRMA: 	
PLANO: ESTRUCTURA NAVE PREFABRICADA		FECHA: 23/02/12	ESCALA: 1:100
		Nº DE FOLIOS: 3	




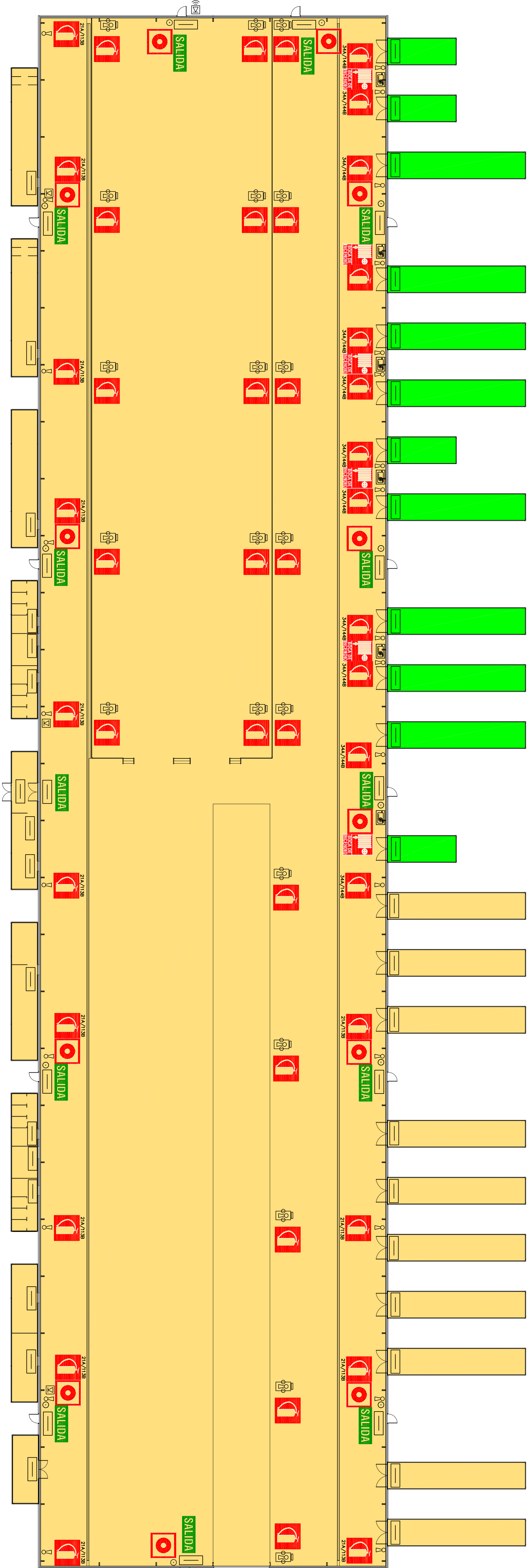
<div><div><div><div><div><div></div><div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div></div><div><div><div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div></div><div><div><div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div><div><div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div></div><div><div><div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div><div><div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div></div></div><div>UNIVERSITATE PUBLIQUEA DE NAVARRA</div></div></div></div>		DEPARTAMENTU DE INGENIERU INDUSTRIAL	
PROYECTU: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓ DE PALAS DE AEROGENERADOR		REALIZADU: PALACIOS OSACAR, MIGUEL	
PLANDU: ALZADOS		FECHA: 23/02/12	ESCALA: 1:200



SIMBOLÓGICA:

- ☒ VAPOR Hg 250 W (EXTERIORES)
- ⊗ SODIO A ALTA PRESSION 250 W
- ≡ FLUORESCENTE 2x36 W
- ⊗ PLAFON 75 W
- ☒ ALUMBRADO DE EMERGENCIA

 UNIVERSIDAD PÚBLICA de Navarra Matarosko Unibertsitate Publikoa	E.T.S.I.I.T. INGENIERO INDUSTRIAL	DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL
	PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR	
PROYECTO: PALACIOS OSACAR MIGUEL	REALIZADO: FIRMA:	
PLANO: DISTRIBUCION DE LUMINARIAS	FECHA: 23/02/12 ESCALA: 1:200 Nº PÁGINA: 5	



LEYENDA INCENDIOS

- PULSADOR MANUAL DE ALARMA
- SIRENA ELECTRONICA DE ALARMA INTERIOR
- SIRENA ELECTRONICA DE ALARMA EXTERIOR
- INDICADOR SEÑAL LUMINOSA DE ALARMA
- EXTINTOR PORTATIL POLVO SECO EFICIENCIA
- CARRO PORTATIL EXTINTOR 50KG
- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE EXTINTOR
- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE PULSADOR DE ALARMA
- SEÑALIZACION FOTOLUMINISCENTE SALIDA DE VIA DE EVACUACION
- LUMINARIA DE EMERGENCIA Y SEÑALIZACION DE 333 Lm.
- BOCA DE INCENDIO EQUIPADA

LEYENDA SECTORES

- SECTOR NAVE
- SECTOR INDEPENDENTE CONTENEDOR EI120

Universidad Pública
de Navarra
Nafarroako
Unibertsitate Publikoa

E.T.S.I.I.T.
INGENIERO
INDUSTRIAL

DEPARTAMENTO DE
PROYECTOS E ING. RURAL

PROYECTO:
PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE
PALAS DE AEROGENERADOR

REALIZADO:
PALACIOS OSACAR, MIGUEL

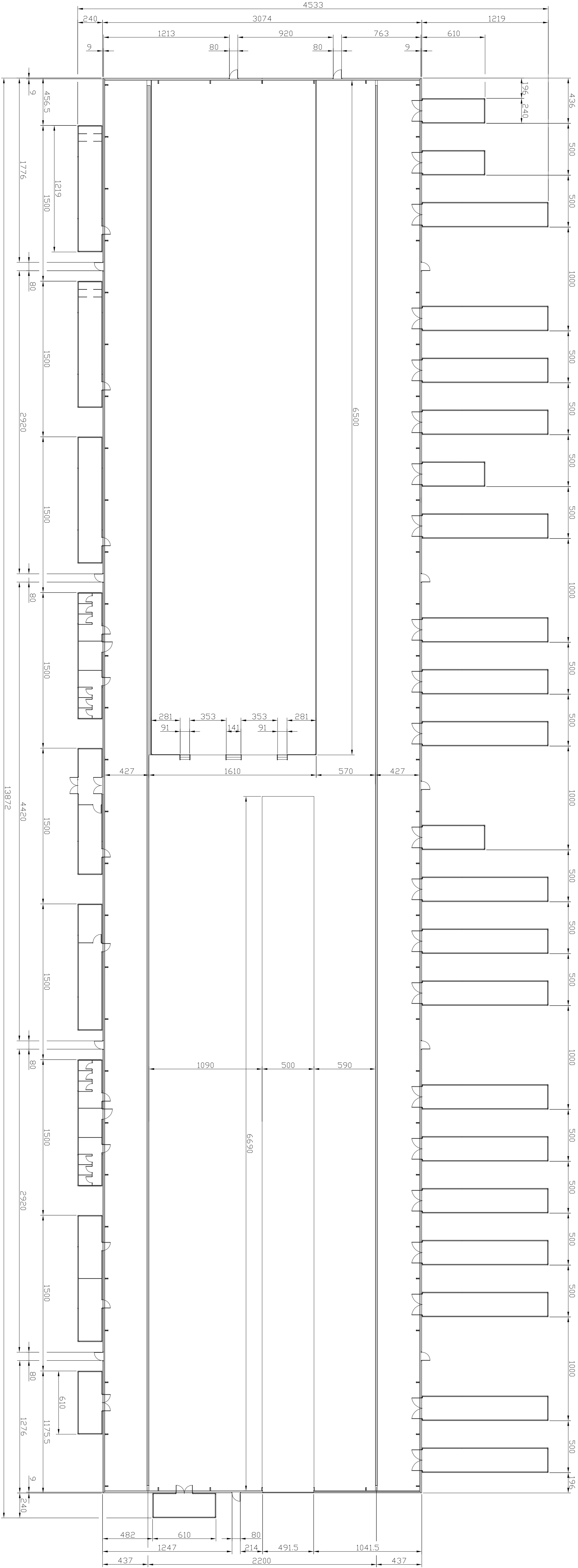
PLANO:
PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

FECHA:
23/02/12

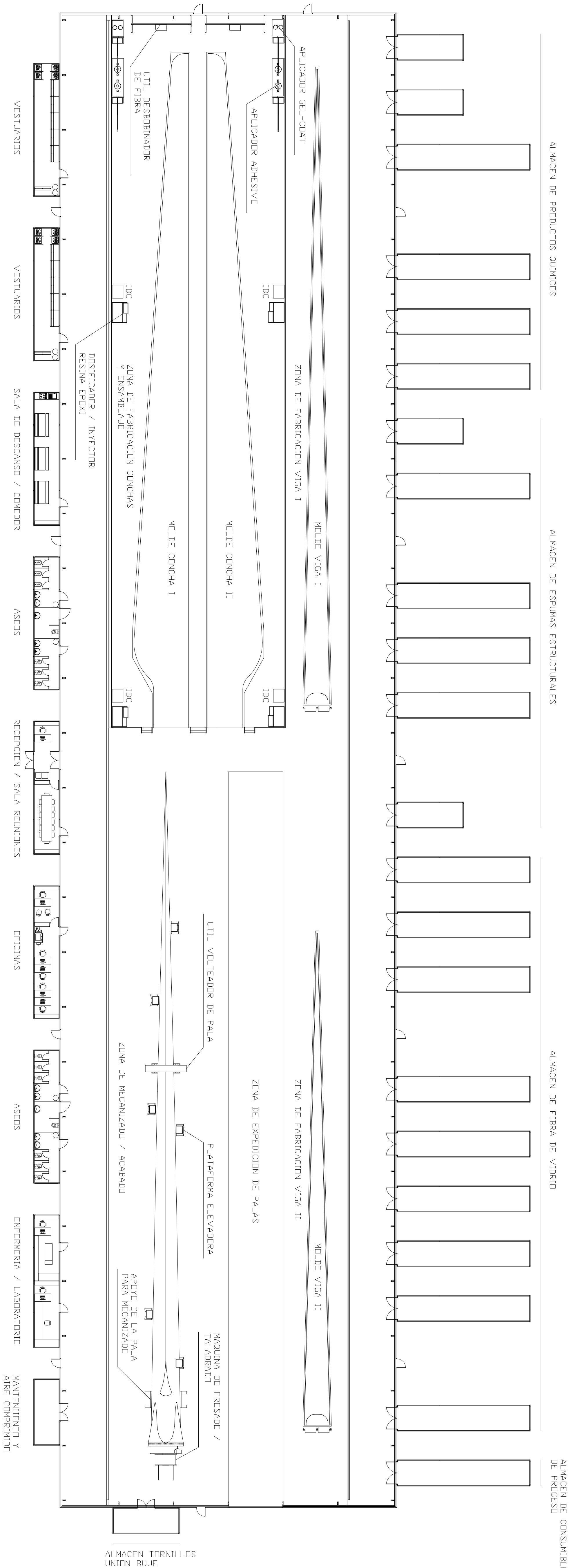
ESCALA:
1:200

FIRMA:

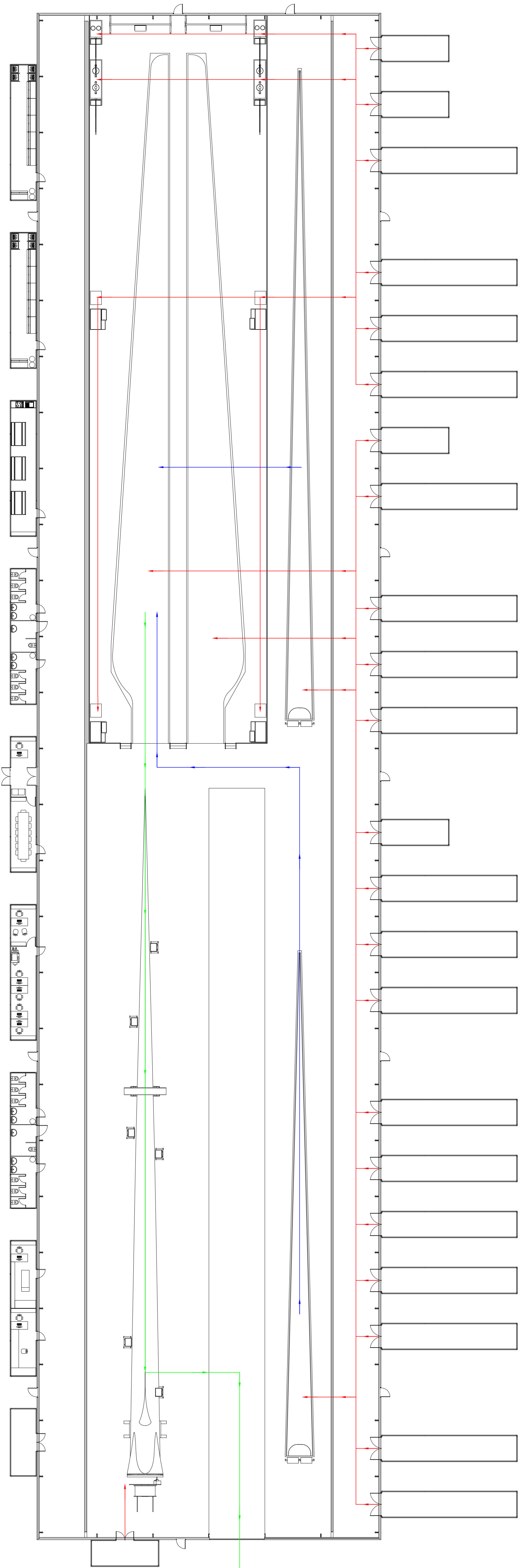
Nº DE
6



<div><div><div><div><div><div></div><div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div></div><div><div><div></div><div>PROYECTOS DE INGENIERIA</div></div><div><div></div><div>INGENIERIA DE PROYECTOS</div></div></div><div><div><div></div><div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div></div><div><div><div></div><div>PROYECTOS DE INGENIERIA</div></div><div><div></div><div>INGENIERIA DE PROYECTOS</div></div></div></div><div>Universidad Pública de Navarra</div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div></div>		<div><div><div><div><div><div></div><div>E.T.S.I.I.T.</div></div><div><div><div></div><div>INGENIERO INDUSTRIAL</div></div></div></div><div>DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div></div></div></div>	
<div>PROYECTO: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR</div>		<div>REALIZADO: PALACIOS OSACAR, MIGUEL</div>	
<div>PLANO: PLANTA DE COTAS</div>		<div>FIRMA: </div>	<div>FECHA: 23/02/12</div>
		<div>ESCALA: 1:200</div>	<div>Nº DE PLANOS: 7</div>



<div><div><div><div><div><div></div><div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div></div><div><div><div></div><div>de Navarra</div></div><div><div></div><div>Nafarroako</div></div><div><div></div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div><div><div>Universidad Pública</div><div>de Navarra</div><div>Nafarroako</div><div>Unibertsitate Publikoa</div></div></div></div></div>		<div><div><div><div><div><div></div><div>E.T.S.I.I.T.</div></div><div><div><div></div><div>INGENIERO INDUSTRIAL</div></div></div></div></div></div></div>	
<div>PROYECTO: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR</div>		<div>DEPARTAMENTO: DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL</div>	
<div>PLANO: PLANO DE LAYOUT</div>		<div>FECHA: 23/02/12</div>	<div>ESCALA: 1:200</div>
<div>PROYECTO: PALACIOS OSACAR, MIGUEL</div>		<div>FIRMA: </div>	<div>Nº DE PLANOS: 9</div>



LEYENDA:

- MATERIA PRIMA
- SUBCONJUNTO
- PALA

<div>UNIVERSITAT DE NAVARRA</div> <div>Universidad Pública de Navarra</div> <div>Nafarroako Unibertsitate Publikoa</div>		<div>E.T.S.I.I.T.</div> <div>INGENIERO INDUSTRIAL</div>	
PROYECTO: PLANTA MÓVIL DE FABRICACIÓN DE PALAS DE AEROGENERADOR		DEPARTAMENTO DE PROYECTOS E ING. RURAL	
PLANO: FLUJO DE MATERIALES		REALIZADO: PALACIOS OSACAR, MIGUEL	
FECHA: 23/02/12		ESCALA: 1:200	
FIRMA:		Nº DE FOLIOS: 10	